FACULTAD DE CIENCIAS
SOCIALES Y HUMANAS



UNIVERSIDAD A DISTANCIA

TEORIA SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Daniel Herrera Restrepo





UNIVERSIDAD A DISTANCIA

TEORIA SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Daniel Herrera Restrepo

Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia
1994

Impresión: 1994

041 Teoría Social de la Ciencia y la Tecnología/Daniel Herrera Restrepo. --
Santafé de Bogotá, D.C.: -Unisur, 1994
134 p.

ISBN 958 - 651 - 133 - 2

1. FILOSOFIA SOCIAL I. Herrera Restrepo Daniel



La edición de este módulo estuvo a cargo de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de Unisur.

Impreso por Editora Guadalupe Ltda.

Dirección editorial: Rosalba Amado Hernández

Levantamiento de texto: Daniel Herrera Restrepo

Diagramación y edición de texto: Carlos Castellanos Castillo

Interventoría: Henry Vergara Pinedo, Roberto Salazar Ramos

Revisión contenido: Juan Carlos Barbosa, Rosalba Amado Hernández

Diseño carátula: Humberto Sandoval Barrera, Rosalba Amado Hernández, Carlos Castellanos Castillo

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Calle 53 No. 14 - 39
Santafé de Bogotá, D.C.
Colombia

CONTENIDO

Pág.

Pág.

Pág.

INTRODUCCION

NUESTRA VIDA COTIDIANA

A diferencia de nuestros indígenas que se levantan con el canto de los pájaros o con una pequeña luz que se anuncia en el firmamento, usted se levanta al son de los golpes sin ritmo de un reloj. El indígena, una vez levantado, posiblemente se baña en las aguas cristalinas de un río que encuentra cerca a su choza: agua tibia o fría. ¡La naturaleza ha definido para él la temperatura de su baño! Ud., por el contrario, gracias a un calentador, define la temperatura del agua de su baño. Nuestro indígena, una vez bañado, se aprovisiona de un pescado y de un plátano que prepara, a base de leña, como desayuno. Ud., por el contrario, prepara en un aparato eléctrico, construido por otros aparatos, unos ingredientes - café, leche y pan -, los cuales a su vez, han sido elaborados a través de aparatos que también fueron construidos por otros aparatos. El indígena, una vez que ha desayunado se dirige a pié, posiblemente recorriendo varios kilómetros -él no sabe de kilómetros, sólo sabe cuánta coca logra masticar hasta su destino- para entregarse a cultivar aquello que lo sostiene en vida. Ud., una vez desayunado, toma su automóvil o un "transporte público" para llegar a su oficina o a su taller, en donde pasará todo el día interactuando con máquinas contruidas por otras máquinas. Cuando el sol se "oculta", el indígena busca un descanso en la simple tierra, único lecho que le ha regalado la hermana naturaleza. Ud., al terminar su labor, regresa al hogar que ha construido, prende el radio o la video-casetera, o se entretiene con la televisión y despide su jornada, jornada tal vez llena de sinsabores, a causa de las "famosas" máquinas, apagando la luz, no del sol, sino de una bombilla construida por unas máquinas que, a su vez, fueron contruidas por otras máquinas de conformidad con ciertos principios "científicos".

¡Nuestro indígena pasó toda su jornada en un contacto, de ordinario amoroso, con la naturaleza. Ud., en cambio, la pasó en contacto con un mundo creado por el hombre y...para el hombre!

Redacte una página sobre cómo transcurrió su día y pregúntese si la mayoría de sus relaciones se dieron con hombres o con máquinas construidas por otras máquinas, gracias a lo enseñado por la ciencia. Por otra parte, ¿se considera Ud. capaz de describir lo que sería la vida diaria de un hombre que nunca ha tenido contacto con la ciencia y la tecnología? ¿Podría Ud. describir el entorno de un indígena y compararlo con el suyo ? Inténtelo!

Si Ud. hizo el ejercicio anterior, sin duda que le surgieron muchas preguntas. Es muy posible que entre esas preguntas se hayan dado las siguientes: ¿Qué es la ciencia?. ¿Qué es la tecnología?. ¿Qué relaciones hay entre ciencia y tecnología? ¿Cuáles son las posibilidades y la función social de la ciencia y de la tecnología? ¿Cómo la ciencia y la tecnología contribuyen a la configuración de una sociedad? ¿Hay factores sociales que condicionan la creación de la ciencia y la tecnología? ¿Ud., creando ciencia y tecnología, puede condicionar el mundo de su vida diaria y el mundo de su sociedad? ¿La ciencia y la tecnología son obra exclusivamente de 'genios' o, Ud., llenando ciertos requisitos, también puede ser un creador? ¿Cuáles son estos requisitos?

Anote, al menos, tres interrogantes que Ud. quisiera que este módulo le ayudara a responder. Después de haber pensado por si mismo, esté atento para preguntarse si este módulo le aporta algo para ser más y mejor, para enriquecer a su sociedad, para que su mundo sea más humano:

1o.

2o.

3o.

El presente módulo pretende facilitarle algunos elementos para que **Ud. mismo** trate de responder a los interrogantes formulados ¡**Las repuestas a estos interrogantes constituyen los objetivos de este módulo!**

PRIMERA UNIDAD

LA CIENCIA

1. La ciencia

1.1 La ciencia: un hecho social

Con la aparición de las capacidades exclusivamente humanas de pensamiento, lenguaje y construcción de herramientas, el desarrollo evolutivo del hombre tomó un nuevo rumbo: el hombre dejó de ser una realidad simplemente biológica y se convirtió en un ser social.

Ud. conoce, por sus estudios en bachillerato, algunos de los inventos definitivos que permitieron que la vida humana se distinguiera de la vida de los animales: el uso del fuego, el control de los animales domésticos, el invento de la rueda, la creación de armas, la alfarería, la agricultura, la fundición de metales... Estos primitivos cambios "científicos" y "tecnológicos" permitieron, como se ha dicho, pasar de la vida biológica a la vida social, a una manera determinada de vivir y de relacionarse unos hombres con los otros. A medida que el hombre ha realizado nuevos *inventos* y han sido *retenidos* por las nuevas generaciones **la vida social, las relaciones entre los hombres y el entorno humano se han ido transformando y continúan transformándose.** Recuerde sus estudios: los cazadores se volvieron pastores y criadores de ganado; intencionalmente se comenzaron a cultivar ciertas yerbas y frutas como alimentos y, de esta manera, algunos se conviertieron en granjeros. Las sociedades fueron tomando forma y con ella surgió una división del trabajo.

Han pasado muchos siglos desde entonces. Recordando su niñez, indique y explicite en una ficha, tres cosas que gracias a la ciencia y a la tecnología han

cambiado fundamentalmente su vida diaria, la de su familia y sus relaciones con los otros hombres:

1o.

2o.

3o.

Nuestro ser social dió origen a las comunidades humanas. Ahora bien, cada comunidad fue creando un "saber" a través del cual sus miembros explicaron y comprendieron su mundo, cómo se debía vivir en él y cuáles serían aquellos aspectos que deberían ser transformados. Todo esto exigió un esfuerzo por *comprender, predecir y controlar* la naturaleza.

La comunidad no sólo produce este saber sino que lo transmite mediante diversos tipos de educación.

A través de la educación la sociedad moldea a su imágen, las nuevas generaciones al recrear en ellas sus modos de pensar, de sentir, de actuar y de proyectarse hacia el futuro. Las ideas, valores, sentimientos, tradiciones y *horizontes de futuro* que definen a una sociedad, definen simultáneamente al ser social, es decir, al ideal humano que se puede proponer una sociedad. La educación, en la medida que tenga en cuenta este ideal, está llamada a garantizar a la sociedad su cohesión, continuidad y *desarrollo,* es decir, su unidad, identidad y madurez en el espacio y en el tiempo.

¿Por qué cree Ud. que hemos llamado la atención sobre los términos "horizontes de futuro" y "desarrollo". ¿Estos términos tienen implicaciones para su futuro profesional?

Biológicamente se nace como individuo con un sinnúmero de potencialidades predeterminadas por la especie humana. **Pero estas potencialidades sólo se pueden desarrollar en un tiempo y en un espacio cultural y socialmente determinado.**

De esta forma, el hombre es el resultado de los procesos históricos que en cada época han organizado el pensamiento y las prácticas efectivas operadas por los hombres en su cotidianeidad.

El hombre es fundamentalmente lo que hace, un hacer que está impregnado de la racionalidad propia de la organización social de la cual hace parte. De aquí, entre otras cosas, que las razones y los fundamentos de su pensar y de su práctica cotidiana no siempre le resultan conscientes.

> ¿Qué tan consciente es Ud., por ejemplo, de que, a pesar de vivir en un país en desarrollo, su vida está condicionada por la ciencia y la tecnología? ¡Escríbalo!

El Robinson Crusoe, es decir, el hombre independiente, autosuficiente y libre, es una ilusión. El hombre es y sólo puede serlo dentro de un contexto social determinado.

> Ud. debe conocer la novela “Robinson Crusoe”. ¿Cree Ud. que lo que él hizo, lo hubiese podido hacer sin la educación que recibió y sin la influencia del mundo científico y tecnológico al cual él perteneció?

El hombre concreto, Ud., repitámoslo, es el resultado de un proceso histórico, de una estructura social que el pensamiento (el “saber”) y las prácticas de la vida

cotidiana han organizado en ésta época que le ha tocado vivir. Ud., en concreto, actúa a diario en su medio, ejerce una influencia sobre él. Sin embargo, el medio influye sobre Ud. y Ud. se relaciona con otros hombres que también actúan sobre el medio, pero sobre los cuales también el medio actúa. Estas relaciones producen una forma social de pensamiento. **El pensamiento organiza el modo de relacionarse socialmente y determina sus líneas de acción.**

Hagamos un poco de historia.

El hombre de la Grecia clásica, que está en los orígenes de nuestra civilización occidental, se representó a sí mismo como un ser integrado en un cosmos legal y armónico, regido por la razón. Encontró su dignidad en el hecho de ser racional, es decir, **de poder fundamentar lo que decía y de ser libre,** además de poder intervenir y decidir en los asuntos de su ciudad (*Polis*) pues, en definitiva, eran sus propios **asuntos.** A causa de esto se le definió como *animal racional* y, al mismo tiempo, como *animal político.*

La estructura social de Grecia asignaba a cada hombre un lugar. Se era esclavo, agricultor, artesano, guardián (militar), gobernante, filósofo... Para ocupar su puesto, cada miembro de la comunidad recibía una educación especial que desarrollaba las potencialidades que se poseían. De esta manera la educación era el fundamento y la garantía de las prácticas sociales.

Con la decadencia del mundo griego y con la aparición del cristianismo se dió una nueva concepción del mundo. Todo se explicaba a partir de Dios (**Teocentrismo**) y el objetivo fundamental de la existencia humana se colocó en **la salvación del alma.**

De acuerdo con la estructura social, la educación se orientó a que cada "estamento" ocupara el puesto que le correspondía en una visión jerárquica de la sociedad. El predicador, el santo, el caballero de las cruzadas, los señores feudales, los siervos, los doctos universitarios, recibieron una educación de acuerdo a su estamento.

¿Encuentra Ud. rastros de esta mentalidad medioeval en la sociedad colombiana?
¿Podría indicar algunos?

A fines de la Edad Media y durante el Renacimiento, surgieron las ciudades y las universidades. Una nueva clase social apareció: *la burguesía*. Cuando el eje de la vida social se desplazó del campo al "burgo" (la ciudad), los habitantes se fueron haciendo más fuertes gracias a sus nuevas prácticas sociales. La base de la riqueza fue entonces el comercio y la industria. Los burgueses necesitaron instruirse en conocimientos y artes ignoradas o desdeñadas por la sociedad medioeval: matemática, administración, modalidades productivas, dominio y explotación de la naturaleza. La adquisición de estos conocimientos dió origen a preocupaciones políticas y obligó a una redefinición de los grupos sociales. La educación posibilitó una nueva mirada hacia el hombre, el mundo y la naturaleza. El conocimiento se dirigió fundamentalmente a la acción. El hombre dejó de ser simplemente la primera "figura" del universo para convertirse en un ser esencialmente "operativo"; la naturaleza dejó de ser objeto de "contemplación" para convertirse en "materia prima" del poder creativo del hombre; en fin, el conocimiento se dirigió a la acción, pues **conocer se hizo sinónimo de poder.**

Así, la sociedad dió cuenta de la necesidad de una educación no especulativa y contemplativa, sino **formadora de hombres capaces de crear un mundo a su imagen y semejanza a través de la astronomía, la física, la óptica y la mecánica.**

La Edad moderna asumió este desafío. Los hombres se dedicaron a buscar el instrumento que les permitiría enseñorearse sobre la naturaleza, arrancarle sus secretos, sus regularidades, sus leyes, para ponerla a su servicio, para mejorar la calidad de la "vida terrestre" de la humanidad. Se hizo entonces patente la necesidad de una **educación metódicamente organizada para formar**

sujetos útiles y productivos para la sociedad. Dentro de esta perspectiva surgió y se desarrolló la Universidad.

> Ud. hace parte de Unisur. ¿Estudia Ud. exclusivamente para ganar un mejor salario o para superarse a sí mismo y para ser más útil a su sociedad?

Las realizaciones de un Leonardo da Vinci y de Galileo, son un ejemplo de la relación entre la ciencia y los intereses económicos, sociales y políticos. Sus invenciones y descubrimientos ampliaron los límites del conocimiento de la época, pero también beneficiaron a los grandes señores de las ciudades italianas (Milán, Florencia, Venecia) que se dedicaban al comercio y a la banca. Fue por esto que, capitalistas y mercaderes, se manifestaron abiertamente partidarios de las nuevas investigaciones científicas, capaces de producir resultados que mulplicarían sus ganancias.

Para desarrollar con originalidad un nuevo campo de conocimientos, Galileo y sus contemporáneos no se contentaron con la educación que les brindaba la Universidad. Galileo reconoce que su experiencia investigativa tuvo lugar en un trabajo conjunto con los “no doctos”.

La colaboración del óptico y pulidor de lentes que participó en la creación del telescopio, como el contacto con dibujantes, constructores, instrumentalistas, le señalaron nuevos caminos para la investigación. Estos curiosos de los fenómenos, estos “técnicos”, comenzaban simplemente sus investigaciones sin métodos preconcebidos y sin las certezas de un fin previsto. A partir de estas observaciones Galileo reconoció otras realidades que sólo podía abordar modificando los métodos y las normas tradicionalmente admitidas. **Fue así como la técnica dió paso a la tecnología y ésta comenzó a influir en la creación de las teorías científicas.**

Es posible que Ud. ya se sienta "doctor" y que desprecie a nuestros artesanos y técnicos. Si habla con egresados, sabrá que, al recibir el título universitario, tuvieron que comenzar a aprender al lado de ellos. ¿Considera Ud. que con la formación que está recibiendo posee, por una parte, una mayor capacidad para enriquecer a los técnicos y, por otra, para inducir al científico a la creación y desarrollo de más ciencia?

Galileo desempeñaba su práctica investigativa compartiéndola con una práctica pedagógica que suponía como requisito indispensable la adhesión, la confianza, pero también la polémica y los aportes conjuntos, que eran seriamente discutidos. Las protestas de Galileo por el tiempo que le exigían sus obligaciones docentes, son bien conocidas. Sin embargo, también es conocido su interés por la difusión de los resultados de la nueva ciencia: hasta en los mercados se llegó a hablar de la nueva astrología galileana que había permitido descubrir a Júpiter, los anillos de Saturno, las manchas solares, determinar la Vía Láctea, dar una idea de las enormes distancias que nos separan de las estrellas y ofrecer argumentos en pro del heliocentrismo de Copérnico.

Esperamos que lo que Ud. ha leido, hasta ahora, le sirva para comenzar a comprender cómo la ciencia, la tecnología y la educación, son hechos sociales.

La aceptación de nuevos conocimientos y de nuevas tecnologías acarrea, frecuentemente, muchas resistencias: no faltan las incomprensiones, las controversias, las persecuciones e, inclusive, las condenas; pero también las proclamas inconscientes a favor. Galileo vivió en carne propia, al ser condenado por la Inquisición, lo que significa pensar contra un pensamiento *establecido.*

Hemos subrayado el término "establecido". ¿Por qué lo hemos hecho? A lo largo del módulo insistiremos en que la creatividad científica presupone un espíritu científico que implica, entre otras cosas, la disposición a pensar en contra de lo que siempre se ha pensado o se está pensando. ¿Se considera Ud. capaz de pensar en contra de lo establecido por los científicos y tecnólogos que conoce? ¡Escríbalo como recuerdo de su vida estudiantil, citando un caso concreto!

La **fe en la razón** que preconizara Galileo frente al obscurantismo de su época y el afán por el preguntar que late en todo hombre que piensa, orientan siempre a **nuevos interrogantes, a nuevos problemas, a nuevas respuestas**. Sólo así la ciencia y la tecnología han sido posibles.

Pero, **¿Qué es la ciencia y qué es la tecnología?**

Antes de responder a ésta pregunta, lea y analice, el Texto de la condena de Galileo.

Lectura Complementaria No. 1

Texto de la acusación y condena de Galileo

El texto de la acusación y condena de Galileo por el Tribunal de la Inquisición, le permitirá a Ud. visualizar cómo las instituciones existentes -políticas, religiosas, sociales pueden condicionar la creatividad científica.

"En vista de que tú, Galileo, hijo de Vicenzo Galileo, de setenta años de edad, florentino, fuiste denunciado a este Santo Oficio por mantener como cierta la falsa doctrina que algunos enseñan de que el Sol es el centro del universo y está inmóvil y la Tierra se mueve y tiene un movimiento diario; por tener discípulos a quienes les enseñaste tal doctrina; por mantener correspondencia con ciertos matemáticos de Alemania sobre lo mismo; por publicar ciertas cartas sobre las manchas solares en las cuales explicaste la misma teoría considerándola verdadera y por oponerte a las objeciones de las Sagradas Escrituras, que de tanto en tanto hablan contra tal doctrina, al glosar las Escrituras de acuerdo con la interpretación que tú les das; y visto que luego se presentó la copia de una carta que se dice que tú le escribiste a un discípulo tuyo y en donde hay diferentes proposiciones que siguen la doctrina de Copérnico y que se oponen al verdadero sentido y la autoridad de las Sagradas Escrituras:

Este Santo Tribunal, teniendo la intención de proceder en contra del desorden y daño resultantes, que fueron creciente detrimento de la santa fe, por orden de Su Santidad y de los eminentísimos cardenales de esta suprema y universal Inquisición, los calificadores teológicos calificaron del modo que sigue las proposiciones referidas a la inmovilidad del Sol y el movimiento de la Tierra: la proposición de que el Sol es el centro

del universo y no se mueve de su lugar es absurda y falsa filosóficamente, y formalmente herética, y está en contradicción expresa con las Santas Escrituras. La proposición de que la Tierra no es el centro del universo y que no está inmóvil, sino que se mueve y además con un movimiento diario, es igualmente absurda y falsa filosóficamente, y desde el punto de vista de la verdad teológica es, por lo menos, falsa en la fe... Y con el objeto que una doctrina tan perjudicial pudiera dasarraigarse del todo y no pudiera insinuarse luego para grave perjuicio de la verdad católica, la Santa Congregación del Index publicó un decreto por medio del cual prohibió los libros que tratan sobre este asunto y declaró a la misma doctrina falsa y por entero contraria a las Sagradas Escrituras.

Y en conocimiento que recientemente apareció un libro publicado el año pasado en Florencia cuyo título es *Diálogo de Galileo Galilei sobre los grandes sistemas del mundo* y prueba que tú eres el autor, y en razón de que la Santa Congregación fue más tarde informada de que por la publicación de dicho libro las erróneas afirmaciones sobre el movimiento de la tierra y la inmovilidad del Sol iban ganando día a día terreno, se tomó en consideración tal libro y en él se descubrió una clara violación del anteriormente mencionado mandato que se te habia impuesto, pues en ese libro defendiste la mencionada opinión, previamente condenada y declarada de esa manera ante ti, aunque en el libro eches manos a ciertas estratagemas para producir la impresión de que la cuestión queda sin resolver y que es meramente probable, lo cual a pesar de todo es gravísimo error, pues una opinión, en manera alguna, puede ser probable si ha sido declarada y definida como opuesta a las Sagradas Escrituras...

Y con el objeto de que tu grave y pernicioso error y transgresión no quede sin castigo, y con el fin de que seas más cauteloso en el futuro y sea para todos los demás una advertencia de que deben abstenerse de similares delitos, ordenamos que el libro *Diálogo de Galileo Galilei* se prohiba por edicto público".

Método científico y poder político en el s. XVII
Centro Editor de América Latina, Bs. As., 1973.

¿Podría Ud. citar casos de persecución a científicos en el siglo XX, tanto en Estados Unidos como en Rusia? Si no lo sabe, infórmese. Mejor aún: un colombiano, Manuel Elkin Patarroyo, creó la primera vacuna sintética (contra la malaria). ¿Se ha informado Ud. de cómo ciertas instituciones o personajes por "envidia", por "intereses económicos" o por otros motivos, han tratado de desvalorizar lo que él ha hecho y le han creado obstáculos a su creatividad?

1.2 La ciencia, una creación humana

Frecuentemente, de acuerdo con el positivismo del siglo pasado, se piensa que la ciencia es el único saber que nos dice cómo es "objetivamente" la realidad en sí misma de manera definitiva y total. ¿Acaso no son los científicos los que "descubren" y explican las leyes que rigen el universo natural y social?

Pues bien, la verdad es otra: no hay un modo de conocimiento definitivo y total. ¡La ciencia es una creación humana!

1.2.1 La ciencia es una representación

La ciencia es una **representación** (un marco teórico, una axiomática, o un esquema intelectual), creada por los llamados científicos, **gracias a la cual ellos pueden:**

1o. **Formular preguntas** sobre lo que sería la realidad y sobre la manera como se comportan e interrelacionan los fenómenos que observan a su alrededor;

2o. **Definir métodos** que les permiten dar una respuesta exacta y rigurosa a sus preguntas;

3o. **Interpretar los resultados** que obtienen al aplicar los métodos formulados.

Ud. podría decir que esto también lo hace un campesino. El también se hace preguntas sobre cuándo debe sembrar, cómo debe sembrar y analiza los resultados positivos o negativos, en términos económicos, de lo que él ha sembrado. ¿En dónde está la diferencia?

El campesino es un científico en potencia guiado *no por intereses teóricos sino prácticos*, de ordinario de orden económico. *El científico no se mueve por intereses prácticos sino teóricos*, es decir, su interés radica en explicar, describir o interpretar los fenómenos. Por lo demás, es alguien que maneja un marco teórico y unos métodos que le aseguran precisión y objetividad. Finalmente, se expresa en un lenguaje abstracto, muy lejano del lenguaje que utiliza el campesino para traducir sus sensaciones y experiencias empíricas.

Por su experiencia y la experiencia de sus vecinos, el campesino sabe que se debería sembrar en una determinada semana, de acuerdo con la visión que él y ellos tienen sensorialmente de la posición de la luna.

Ellos tienen, por ejemplo, la "impresión", no todos en forma igual, que de acuerdo con el impacto final, una manzana que cae desde una mayor altura emplea un mayor tiempo y llega a tierra con mayor velocidad. "Esto" ellos lo "experimentan" y cada uno formula su "opinión". Un científico, gracias a su método, se expresará de la siguiente manera: para una manzana que cae sin resistencia, con aceleración constante g, $v=gt$ donde v es la velocidad instantánea en un tiempo t después de soltarla del reposo. Los términos técnicos y matemáticos no tienen de inmediato un significado obvio y exigen, por otra parte, un equipo especial para su comprobación. No le es suficiente "ver". El resultado, sin embargo, es valioso: aquí no hay lugar a "opiniones", pues nos encontramos ante una relación precisa, verificable por todos, en lugar de una opinión o proposición general.

Nos estamos refiriendo a una ley enunciada en los inicios de la ciencia moderna. ¿A qué ley nos referimos? ¿Quién la enunció? ¿Qué consecuencias tuvo para el desarrollo de la ciencia moderna? Recuerde sus estudios de bachillerato!

El ejemplo que hemos mencionado le puede aclarar dos cosas:

1o. El conocimiento científico, en buena parte, **es inspirado por el mundo de la experiencia cotidiana;**

2o. Este conocimiento **tiene la ventaja de ser preciso y objetivo, gracias a un lenguaje "especializado"**, fruto de un detenido análisis de la experiencia, a partir, de un método muy especial: el método experimental y matemático. Gracias a este método, el científico sintetiza **a posteriorl** sus conocimientos en leyes y las leyes en teorías.

Son muchas las ventajas de una teoría científica: sintetiza en leyes los conocimientos ya comprobados experimentalmente; permiten deducir lógicamente nuevas leyes; sugieren experimentos para confirmar estas leyes deducidas; anticipan nuevas relaciones entre fenómenos; predicen la existencia de fenómenos que nos son desconocidos en nuestra experiencia, etc.. **A fines del siglo XX, nos están inspirando cómo "socialmente" podemos transformar el mundo y ponerlo a servicio de lo que queremos ser y de la manera como quisiéramos vivir.**

A través de la comunicación de los logros científicos -tanto a la comunidad científica como, posteriormente, al cuerpo social- se logra la **legitimación social** de un conocimiento. Ya diremos algo sobre esto.

La formulación de una teoría nunca surge como algo extraño al contexto social. **Una teoría se enuncia cuando las posibilidades de un determinado**

contexto histórico-cultural se lo permiten. Sobre esto también insistiremos más adelante.

Al ser la ciencia una construcción, es fácil comprender la variedad de representaciones que se han sucedido en la historia, y por qué el científico al formular sus teorías reduce y limita la realidad a lo que él quiere pensar y explicar.

Lectura Complementaria No. 2

Mundo familiar y mundo científico: Arthur Eddington

Lea con atención el siguiente texto y, recordando sus estudios, describa algo de su mundo familiar y compare su descripción con la que haría un científico.

"Como ser consciente, me encuentro ligado a una historia. La parte sensible de mi conciencia me narra una historia de un mundo que me rodea. Esta historia habla de objetos familiares. Habla de los colores, de los sonidos, de los olores que le son propios; del espacio ilimitado en que están sumergidos y del tiempo que, en su curso incesante, produce cambios e incidentes. Me habla de una vida distinta de la mía, la cual sólo se ocupa de sus propios asuntos.

Como científico, he aprendido a desconfiar de esa historia. En muchos casos ha resultado que las cosas no son lo que parecen ser. Si creo lo que el narrador me dice sobre las cosas, en este momento tengo ante mí una mesa sólida; pero la física me ha enseñado que esta mesa no es exactamente la sustancia continua que la historia supone, sino una multitud de pequeñas cargas eléctricas lanzadas en todos sentidos con una velocidad inimaginable. En lugar de ser una sustancia sólida, mi mesa se parece más bien a un enjambre de mosquitos.

De este modo he llegado a darme cuenta de que no puedo conceder gran confianza al narrador que se alberga en mi conciencia. Por otra parte, no convendría desatenderlo por completo, ya que su historia tiene generalmente un fundamento de verdad, sobre todo

cuando se trata de anécdotas que me conciernen íntimamente. Porque yo también formo parte de esa historia, y si no desempeño mi papel junto con los demás actores, tanto peor para mí. Por ejemplo, de repente aparece en la historia un automóvil y se precipita a toda marcha sobre el actor que se identifica conmigo mismo. En cuanto científico, crítico muchos detalles referidos por el narrador -el aspecto sólido, el color, el tamaño rápidamente creciente de este objeto que se aproxima-, pero acepto su recomendación de que lo más prudente es apartarme del camino.

Tengo en mi biblioteca tratados voluminosos que me cuentan una historia diferente acerca del mundo que me rodea. La llamamos la historia científica. Lo primero que debemos hacer es tratar de comprender las relaciones que existen entre la historia familiar y la historia científica de lo que nos rodea.

Hubo un tiempo en que estas dos versiones no presentaban diferencias profundas. El científico aceptaba la historia familiar en sus rasgos esenciales, limitándose a corregir algún que otro hecho y a perfeccionar algunos detalles. Más tarde, empero, la historia familiar y la historia científica han ido discrepando de manera cada vez más profunda, hasta el punto de que se hace difícil reconocer si tenían puntos comunes. No contenta con trastornar nuestras ideas sobre las sustancias materiales, la física nos ha hecho jugadas desconcertantes acerca de nuestras concepciones de espacio y tiempo. Incluso la causalidad ha experimentado transformaciones. La física trata de presentar deliberadamente, una nueva versión de la historia que nos ofrece nuestra experiencia, desde sus más remotos orígenes, rechazando la historia familiar por estar asentada sobre fundamentos demasiados inestables.

Más, pese a nuestros esfuerzos por comenzar bien, desechando las interpretaciones instintivas o tradicionales de la experiencia y aceptando sólo el conocimiento que puede ser deducido por métodos estrictamente científicos, no podemos romper del todo con el narrador familiar. Sentamos el principio de que siempre hay que desconfiar de él, pero no podemos prescindir de él en la ciencia. Quiero decir lo siguiente: montamos un delicado experimento físico con galvanómetros, micrómetros, etc., especialmente seleccionados para eliminar la falibilidad de las percepciones humanas; pero, en definitiva, tenemos que recurrir a nuestras percepciones para que nos den el resultado

del experimento. Aún en el caso de un aparato registrador, hemos de utilizar nuestros sentidos para descifrar el registro. Así, una vez puesto en marcha el experimento, nos dirigimos a nuestro narrador familiar y le decimos: "ahora sitúa esto en tu historia". Quizá estaba diciéndonos que la luna tiene sensiblemente las dimensiones de un plato, o cualquier otra cosa igualmente burda y anticientífica; al interrumpirle, se detiene y nos informa que hay una señal luminosa que coincide con la división 53 de la escala de nuestro galvanómetro. Y ahora ya le creemos -más o menos-. Sea de ello que fuere, tomamos este dato como base de nuestras conclusiones científicas. Si realmente queremos comenzar por el principio, debemos averiguar por qué tenemos confianza en las informaciones del narrador cuando se refieren a los galvanómetros, a pesar de la desconfianza que nos inspira por lo general. Porque es posible que su fértil imaginación sea muy capaz de "embaucar", incluso con ocasión de un galvanómetro.

Nouveaux Sentiers de la Science, pp. 1-4.

A partir de la lectura anterior indique en una ficha:

a) entre la descripción espontánea y la científica, ¿cuál le merece mayor confianza? ¿Por qué?

b) ¿En qué ocasiones requiere de una descripción científica?

1.2.2 Consecuencias teóricas y prácticas

La definición de ciencia que hemos dado tiene consecuencias muy importantes. Señalemos sólo las siguientes:

1a. **Una teoría científica es una construcción humana y no algo impuesto por la realidad.** Por otra parte, el objeto real no es el objeto del conocimiento. Este se construye a partir de una teoría que lo observa, lo determina y describe sus formas de comportamiento. El objeto es contemplado desde el punto de vista lógico-racional y también desde el punto de vista práctico-instrumental. El instrumento, construido según unos supuestos teóricos, determina el modo de abordaje del objeto, elige la perspectiva de la observación, acota el objeto hasta encontrar en él lo que se ha formulado desde el punto de vista teórico, tanto al nivel de los axiomas o postulados como a nivel de las hipótesis y de los procedimientos de indagación y corroboración.

2a. Siendo una construcción humana, *una teoría puede ser reemplazada por otra que se considera mejor, porque:*

- Permite explicar un mayor número de relaciones entre un mayor número de fenómenos;
- Porque las explica de una forma más simple y exacta.
- Porque permite prever el encuentro de nuevos fenómenos y de nuevas relaciones entre fenómenos;
- Porque ofrece una visión más armónica y acabada del universo;
- Porque tiene consecuencias prácticas más importantes.

Es muy importante tener presente que **la ciencia no es una representación completa de la realidad y siempre está en un proceso dinámico de reformulación y mejora de sus ideas.**

3a. Por consiguiente, una teoría es sólo la *explicación provisional* de las relaciones posibles entre un conjunto de fenómenos: ella puede ser reemplazada por otra porque abraza más fenómenos, es más sencilla, más armónica, con resultados concretos más ricos. Una teoría (la relatividad de Einstein) reemplaza a otra (la física de Newton), porque da cuenta mejor del

pasado, pero sobre todo porque abre horizontes de porvenir para bien o para mal (utilización de la energía atómica en medicina o creación de la bomba atómica).

Teniendo en cuenta lo anterior, por qué no trata de escribir unas líneas sobre la siguiente afirmación: "Los problemas no tienen solución sino historia".

4a. De acuerdo con lo anterior, **el principio de la ciencia** no es el simple registro de hechos y datos observados, ni las generalizaciones empíricas. **Son las preguntas** que se formula el científico a raíz de una observación casual, jugando con una determinada representación de la realidad y con un método que le permite dar respuetas a sus preguntas.

5a. Por otra parte, **la verdad de una teoría** no radica en que lo afirmado corresponda a lo que es la realidad en sí misma. La verdad científica dice relación a la **capacidad, bondad y utilidad** de una teoría para explicar lo que se quiere explicar. El Sistema del Universo de Newton, que consideraba que el tiempo y el espacio eran absolutos, no es falso porque después haya aparecido la teoría de la relatividad de Einsten que partió de una representación de la realidad según la cual, espacio y tiempo, son relativos. O, para citar un ejemplo más simple, conocido por Ud.: el hombre puede ver el mundo como definido por tres dimensiones (geometría de Euclides) o por cuatro o más dimensiones (geometrías actuales). Son puntos de vista, representaciones que se han hecho los científicos para explicar los fenómenos que ellos han querido explicar. ¿Cuántas dimensiones tiene la realidad en sí misma ? ¡No lo sabemos ! Si yo quiero explicar los fenómenos que explicó Newton, yo puedo seguir utilizando a Newton; pero si yo quiero explicar no sólo los fenómenos que explicó Newton sino también muchos otros y de una manera más simple, recurro a la representación que se hizo Einstein. El marino, por ejemplo, sigue utilizando en buena parte el sistema de Ptolomeo, pues dicho sistema le es suficiente para orientarse en el mar.

Recuerde sus estudios de bachillerato y, en pocas líneas, indique en una ficha algunas otras razones por las cuales la teoría de la relatividad de Einstein es más verdadera, es decir, más "buena" y "util" que la de Newton.

6a.. Todo lo anterior tiene **gran importancia** para Ud:

Si el conocimiento científico es un proceso de creación permanente, que se logra por medio de un trabajo constructivo, en continua confrontación con otros, y con los propios procesos de la realidad, la práctica investigativa da lugar a una crítica y a una rectificación permanentes y sólo le atribuye a una teoría el carácter de "ficción". Es decir, que la teoría es el proceso y el resultado de una racionalidad que no desconoce sus propias posibilidades cognoscitivas, pero que reconoce humildemente el sentido dramático de la búsqueda del conocimiento.

Lo anterior significa que debemos ser conscientes de que, cuando "conocemos", siempre estamos *interpretando*. A su vez, esto significa que tenemos que *reivindicar* el derecho al error (punto de emergencia de nuevos conocimientos), *superar* los obstáculos epistemológicos, *relativizar* lo normativo del "método", y lo absoluto del saber legitimado como válido para siempre. En definitiva, introducir la variable histórica como elemento interno al propio desarrollo de la ciencia, siempre abierto al cambio y a la intervención creadora de los sujetos que investigan.

Deténgase un momento y reflexione sobre el siguiente texto de G. Bachelard: "Esta concepción de la ciencia se comprende cuando uno se ha comprometido vigorosamente con ella, cuando se ama la tensión del estudio, cuando se ha reconocido que ella es un modelo de progreso espiritual y que nos

permite ser un actor de un gran destino humano cualquiera sea el lugar en que la modestia de la investigación científica nos sitúe".

El compromiso racionalista, p. 43.

Si la ciencia es una creación humana, ¿tiene la sociedad derecho a pedirle al científico elaborar representaciones que le permitan al hombre ser, cada día, más hombre y que el mundo sea cada vez más humano? ¿Tiene la sociedad derecho a exigirle al científico representaciones que no incluyan peligros de destrucción de un individuo en particular (experimentos médicos), o de la misma especie humana (bomba atómica), o que pongan en peligro el medio ambiente que hace posible la vida (problema ecológico)?

Y si la ciencia es una creación humana, ¿se considera Ud. excluido de participar de esta creación? ¡Los llamados genios se cuentan en los dedos de la mano! Ud. puede ser creador de ciencia si domina los métodos científicos y si, de manera especial, posee el espíritu científico, un espíritu que implica voluntad de "verdad", amor al saber, paciencia, rigor, valorización del riesgo y la aventura, capacidad de crítica y autocrítica, estimación de sí mismo y, sobre todo, responsabilidad y compromiso con su realidad social. Ud. consume diariamente no sólo pan, sino también metales, electricidad, papel, ciencia, tecnología... ¿No cree que para tener el derecho de participar en lo que los otros han producido, Ud. tiene la obligación de enriquecer con su creatividad el capital de conocimientos y de bienes de su sociedad? Ud. sólo lo podrá hacer capacitándose para crear ciencia y tecnología! Ud. no puede contentarse con aprender una serie de conocimientos y de tecnologías que le permitan ganarse un determinado salario. Ud. está llamado como hombre, no sólo a gozar de lo que su sociedad ha creado, sino a enriquecer a su sociedad y a enriquecerse a sí mismo pensando en contra del pasado y pensando en un futuro que le permita a Ud. y a su sociedad ser más y mejores!

Lectura Complementaria No. 3

¿Qué es la ciencia? Henri Poincaré

Es, en primer lugar, una clasificación, un modo de relacionar hechos que las apariencias separan, aunque estén ligados por algún parentesco natural y oculto. En otros términos, la ciencia es un sistema de relaciones. Ahora bien, solamente en las relaciones debe ser buscada la objetividad; sería en vano buscarla en los seres considerados como aislados unos de otros.

Decir que la ciencia no tiene valor objetivo porque no nos hace conocer más que relaciones, significa razonar al revés, puesto que, precisamente, son las relaciones las únicas que pueden ser consideradas como objetivas. Por ejemplo, los objetos exteriores para los cuales ha sido inventada la palabra objeto, son justamente objetos y no apariencias fugitivas e inasibles, porque no son sólo grupos de sensaciones, sino grupos unidos por un vínculo constante. Sólo este vínculo es objeto en ellos, y este vínculo es una relación. Por lo tanto, cuando nos preguntamos cuál es el valor objetivo de la ciencia, eso no quiere decir: "¿nos hace conocer la ciencia la verdadera naturaleza de las cosas?", sino ¿nos hace conocer las verdaderas relaciones de las cosas?" A la primera pregunta nadie osaría en responder no, mas creo que se puede ir más lejos; no solamente la ciencia no nos puede hacer conocer la naturaleza de las cosas, sino que nada es capaz de hacérnosla conocer, y si algún dios la conociera, no podría encontrar palabras para expresarla. No solamente no podemos adivinar la respuesta, sino que si nos la dieran, no podríamos comprender nada; me pregunto aún si comprendemos bien la cuestión.

Entonces, cuando una teoría pretende enseñarnos qué es el calor, o la electricidad, o la vida, está condenada de antemano; todo lo que puede darnos no es más que una imagen

grosera... La única realidad objetiva (que conoce la ciencia) son las relaciones entre las cosas, de las que resulta la armonía universal.

El valor de la ciencia, pp. 167-6

En una ficha resuma las ideas centrales de esta lectura. Al reverso anote sus inquietudes e interrogantes. Hable sobre ellos con su asesor.

Lectura Complementaria No. 4

La Construcción del Conocimiento Científico: Jean Ullmo

La ciencia busca sus objetos, los construye y los elabora; no los encuentra "hechos ya", dados en la percepción o en la experiencia inmediata. *El mundo de la ciencia es una construcción*; los métodos de esta construcción constituyen la primera etapa de la ciencia, pero no la más fácil.

Cualquier bachiller sabe que la física es la matematización de la naturaleza. El instrumento matemático se ejerce sobre los números proporcionados por la medida, y produce deducción y previsión. Pero queda aún por comprender cómo se efectúa esta matematización y por qué ejerce una influencia sobre los objetos que le propone la construcción realizada...

Aplicaremos aquí, desde el principio, el método primero de la ciencia; ella *muestra* lo que dice. No puede uno confiar en las palabras para evocar lo que se quiere en el pensamiento de los demás; hay que proporcionar al otro un procedimiento exacto para que pueda volver a hallar, por sus propios medios, lo que está en cuestión y alcanzarlo con seguridad por sí mismo.

La medida es el ejemplo más sencillo de este procedimiento. Dados (o sobrentendidos) un patrón de longitud y una regla de medición, cuando digo que esta mesa mide dos metros de largo y un metro de ancho, induzco implícitamente al que me escucha a aplicar esta regla, a repetir estas operaciones de medida proporcionadas por estos números; y me comprende porque es capaz de efectuar estas operaciones y prever sus resultados.

Hace mucho tiempo que este privilegio de la medición: regularidad, repetibilidad, ha sido percibido más o menos confusamente. Pero se ha dado un paso decisivo al comprender que es la misma medida la que *define* la magnitud de lo que se va a medir; esta última no preexiste a la medida, como una intuición rudimentaria lo hizo creer durante mucho tiempo. Este importante descubrimiento se ha precisado y generalizado por la noción de *definición operatoria.*

Una definición operatoria es una definición que entraña la descripción de un procedimiento regular para localizar, medir y, más generalmente, alcanzar e identificar el concepto definido.

La primera exigencia metodológica de la ciencia es la de no utilizar en sus enunciados más que conceptos definidos así. Toda noción introducida de este modo entraña una experiencia virtual, como anteriormente las dimensiones de la mesa. Como dice acertadamente Bachelard:

"La experiencia forma cuerpo con la definición del Ser. Toda definición es una experiencia" Y con una fórmula más acertada aún: "Díme cómo te buscan y te diré quién eres".

El Pensamiento Científico Moderno, pp. 21-23

Realice de nuevo el ejercicio: en una ficha resuma la lectura. En el reverso formule sus inquietudes y presénteselas a su asesor.

Antes de pasar a la segunda unidad dedicada a la tecnología haremos una revisión histórica que le permitirá a Ud. ver cómo se han sucedido las principales representaciones que la ciencia se ha hecho de la realidad.

1.3 Una revisión histórica

1.3.1 La antigüedad: una representación cualitativa de la realidad

Antiguos y medioevales crearon una ciencia de carácter cualitativo. Según su representación de la realidad, **sólo era pensable aquello que se manifiesta cualitativamente a través de los sentidos, a saber, las llamadas esencias universales.** De aquí que:

1o. La ciencia fue *definida como un conjunto de proposiciones* y de razonamientos lógicos que expresaban la realidad permanente e inteligible que existe más allá de lo fenoménico, es decir, las sustancias, causa de los fenómenos observados.

2o. *Los problemas* planteados por esta ciencia decían relación a una pregunta fundamental: ¿Cómo debe ser concebida una determinada realidad en sí misma de conformidad con las cualidades aprehendidas por los sentidos?

3o. *El método* para responder al anterior interrogante estaba constituido por el doble proceso de la inducción y la deducción. Inicialmente el investigador mediante la inducción pasaba de los hechos percibidos por los sentidos a una generalización que le permitía definir la forma sustancial o la esencia de algo. Alcanzada la definición procedía, a partir de ella, a demostrar silogísticamente por deducción que los efectos observados se pueden derivar de la definición dada. De este modo, los efectos observados se explican al ser demostrados a partir de un primer principio que es su causa. Para Aristóteles todos los efectos son abributos de una sustancia y se demuestra la causa de un efecto cuando el efecto (color, tamaño, forma, etc.) puede ser predicha como atributo de la sustancia definida. Según esto, la ciencia se reduce a un conjunto de proposiciones de sujeto-predicado y no a proposiciones que expresen relaciones numéricas, como lo pensará la ciencia moderna.

Vale la pena recordar que Aristóteles estableció una separación tajante entre física y matemática. Según él, el proceso inductivo permite distinguir tres grados de abstracción, cada uno de los cuales revela un aspecto diferente de la realidad, y constituye el punto de partida para distinguir tres ciencias: la física, la matemática y la metafísica. El objeto de la inducción física es el cambio y el movimiento de las cosas materiales; el de la inducción matemática es el aspecto cuantitativo de dichas cosas materiales; y el de la inducción metafísica, la sustancia inmaterial con existencia independiente. De acuerdo con esto, las matemáticas no podían dar cuenta de la causa de los fenómenos observados. Ellas sólo podían describir los aspectos cuantitativos; de ninguna manera explicar diferencias como, por ejemplo, la del movimiento de los cuerpos hacia arriba o hacia abajo. Los modernos, al expresar los problemas científicos en términos de relaciones numéricas entre fenómenos, superan la separación de la física y de las matemáticas y abren el camino para alcanzar la meta de la ciencia moderna: la matematización de la física con la cooperación de la experiencia.

4o. *El resultado* de la ciencia griega fue la representación del mundo como una suma de realidades, definidas y ordenadas jerárquicamente según el número y perfección de las cualidades de cada una de ellas.

5o. *La finalidad* de esta ciencia griega fue la de conocer y contemplar este mundo tal como "es", es decir, como mundo cualitativamente jerarquizado. Añadamos que los medioevales utilizaron esta contemplación para cantar la gloria y grandeza del Dios Creador.

Consulte en un diccionario filosófico el significado de los siguientes conceptos: esencia, substancia, accidente, silogismo.

La anterior descripción sintética de lo que fue la ciencia antigua merece algunas observaciones.

En primer lugar, se debe admirar el esfuerzo de estos pensadores para compaginar los datos de la observación sensible con los principios lógicos que defendían y con la concepción racional de un mundo visto antropomórficamente en una forma tan coherente y funcional como el que, siglos más tarde, defenderá la modernidad. En verdad los "errores" imputables a esta visión los encontramos allí donde, al no respetar los datos de los sentidos o al darles un alcance que no tenían, fueron lógicamante incoherentes con su axiomática. Un ejemplo lo encontramos en el escolástico que razonaba contra Galileo de la siguiente manera: "Las creaturas que se mueven tienen miembros y músculos; la tierra no tiene ni miembros ni músculos. Luego no se mueve. Saturno, Júpiter, el sol, etc., son puestos en circulación por los ángeles; por lo tanto, para que la tierra circulase debería tener un ángel en su centro, y como en el centro de la tierra no hay más que demonios, tendría que ser un demonio quien prestara a la tierra su movimiento".

Por otra parte, en la elaboración de su ciencia los griegos fueron llevados a formulaciones teóricas cuya fecundidad se puso de manifiesto en la modernidad.

Citemos algunas de ellas.

Los griegos fueron los creadores del **conocimiento deductivo**. En efecto crearon las matemáticas como un sistema de conocimiento deductivo en lugar de una técnica para medir y contar. Por otra parte definieron como objeto de la reflexión filosófica la investigación de la naturaleza del conocimiento humano y, sobre todo, buscaron una explicación de los fenómenos naturales independientemente de los mitos y la magia. Consideraron que ciertos saberes se podían desarrollar sistemáticamente como cuerpos coherentes de conocimiento: la matemática, la astronomía como algo diferente de la astrología, la anatomía y la fisiología como algo nuevo frente a la medicina práctica; la botánica como algo diferente a la "farmacia" y a la agricultura.

Los presocráticos, de manera especial los pitagóricos, desarrollaron fecundos conocimientos geométricos y refinadas técnicas de cálculo. A Platón se le debe el proyecto de geometrización de la materia y del espacio; la exigencia de salvar los "fenómenos" mediante modelos abstractos; el desprecio por las evidencias inmediatas en nombre de un idealismo matemático; la decisión de someter el confuso mundo de los fenómenos al concepto de ley racional, convirtiendo esta decisión en el principio universal del orden y de la armonía. No es exagerada la afirmación según la cual, el saber de los modernos se deriva del nexo establecido por Platón entre *Physis* (naturaleza) y *Nomos* (ley). Kepler, Galileo y Newton, entre otros, reconocieron explícitamente su deuda con el platonismo.

No se puede, tampoco, pasar por alto, cómo simultáneamente con la visión cualitativa del mundo, en Grecia se hizo presente, con Leucipo y Demócrito, la posibilidad de pensar matemáticamente a la naturaleza: ellos renunciaron a pensar los fenómenos como efectos de una intencionalidad; establecieron la distinción entre impresiones subjetivas y mundo objetivo; redujeron la experiencia variable de lo real a datos homogéneos; recurrieron a modelos explicativos de carácter mecánico para explicar la estructura de la materia y sus distintos comportamientos. Los atomistas fueron los primeros en "deshumanizar" el cosmos, al suprimir todo índice de subjetividad en la explicación de la naturaleza.

Se debe recordar, igualmente, cómo el intento de los atomistas de descomponer mentalmente los mecanismos naturales para reconstruirlos según hipótesis y de excluir dioses y fuerzas ocultas, fue vivido como liberación del miedo a lo desconocido y como el alcance de una sensación de seguridad y felicidad, tal como lo vivirán un buen número de pensadores en los siglos XVIII y XIX. Mencionemos, por ejemplo, un texto de Epicuro: "No es posible disolver los temores nacidos con respecto a lo que es más importante, ignorando lo que es la naturaleza del universo, sino viviendo en sospechoso temor por los mitos. No es posible, pues, sin el estudio de la naturaleza, tener alegrías puras" (*Máximas*, Cap. XII).

En relación con el método experimental y la tecnología, se encuentran también elementos valiosos entre los griegos, los cuales jugaron su papel en la creación de la ciencia moderna.

En Arquímedes se da una acentuada convergencia entre técnica, experiencia y ciencia matemática, que lo colocó en los umbrales del método experimental moderno. No hay duda que el redescubrimiento de Arquímedes posibilitó el nacimiento de la mecánica y del cálculo infinitesimal.

El método experimental no le fue totalmente desconocido a Aristóteles. Recuérdese, por ejemplo, su trabajo investigativo en morfología y fisiología de los animales. Es cierto que el método experimental moderno se caracteriza por proceder con hipótesis que se modifican y corrigen a medida que se obtienen los datos experimentales, mientras que en Aristóteles la hipótesis "presupone" el resultado. Sin embargo, no se puede olvidar que el filósofo griego buscó siempre documentar en los datos de la experiencia, la imagen de una realidad en la cual la belleza, la finalidad y el orden, convergen armónicamente en un todo orgánico.

Hechas las observaciones anteriores surge una pregunta:

¿Por qué los griegos, creadores de las matemáticas y de la geometría, no las utilizaron para una cuantificación de las relaciones entre los fenómenos? ¿Cómo lo explicaría Ud.?

Se discute, aún hoy en día, sobre este interrogante. Sin embargo, es indudable que una de las causas fue su contexto social en el cual se daba una separación radical entre *teoría y praxis*, entre mente y manos, entre "episteme" y "tekné", entre el "ciudadano libre" llamado a la contemplación y al ejercicio de la política

y el “hombre no libre” llamado a resolver con su trabajo manual las urgencias inmediatas de la vida de los ciudadanos: pan, techo y vestido.

Añadamos otra causa: la aplicación platónica del cálculo -”ciencia de lo sublime”- sólo a la sublimidad de los astros, entendidos como entes ideales. Geometría, astronomía, la música y sus procedimientos técnicos, fueron considerados como ciencias especulativas, ejercicios del pensamiento “dialéctico”, destinados a iniciar al alma en el conocimiento de las ideas supremas y no como instrumentos para transformar el mundo, para hacer cuentas, para trazar una ciudad, para construir un templo... Estamos en los orígenes de la ciencia occidental. Por consiguiente, no nos podemos maravillar ante sus vacíos y limitaciones.

> Nos encontramos a finales del siglo XX. ¿No se maravilla Ud. ante tanta gente que madruga a leer el horóscopo en el periódico, porque cree más en la astrología que en la astronomía? ¿Qué comentaría Ud.?

1.3.2 La modernidad: una representación cuantitativa de la realidad

El sistema de representación de los modernos, como ya se ha dicho, **consideró como pensable y, por consiguiente, como real, sólo lo manifestado cuantitativamente.** De conformidad con ésto, la ciencia con sus preguntas, con su método y sus respuestas, tiene que ajustarse al lenguaje y a las leyes de las matemáticas.

1o. *La ciencia es definida como un discurso crítico y progresivo* para determinar en la experiencia lo que es sometible a medida y cálculo.

2o. *Los problemas* son formulados en términos de ¿cómo debe ser representado un fenómeno para que su ciencia sea ciencia matemática?

3o. *El método* utilizado por los modernos es el matemático-experimental. Para ellos no es suficiente la simple observación, pues ella está contaminada por el relativismo propio de lo cualitativo. Se trata de interrogar la realidad en lenguaje matemático y descifrar las respuestas según las leyes de las medidas y de la interpretación matemática.

4o. *El resultado* de la ciencia moderna fue la reconstrucción del mundo, como un conjunto de relaciones calculables entre fenómenos y de regularidades entre las variaciones de un mismo fenómeno. De esta manera el mundo de los modernos no es un mundo dado sino un mundo construido a partir de las matemáticas.

5o. *El objetivo* fundamental que se dieron los creadores de la nueva ciencia fue la de convertir a la realidad en "materia prima" para las diversas prácticas del hombre. El mundo dejó de ser objeto de la pura contemplación para convertirse en objeto de manipulación y transformación en función de su utilidad para el bienestar y la felicidad terrestre del hombre. Si la naturaleza sirvió a los medioevales para cantar la gloria de Dios, el mundo transformado por la ciencia ha permitido cantar la gloria del hombre. Dirija su mirada hacia donde la dirija, Ud. sólo verá la obra del hombre.

En un cuadro, a doble columna, compare la representación de los antiguos con la de los modernos desde el punto de vista de la definición, de los problemas, del método, del resultado y de la finalidad de la ciencia.

Pero, así como la síntesis sobre la ciencia antigua necesitó de algunas aclaraciones, también aquí tenemos que hacer algunas observaciones.

En primer lugar debemos decir que la **"revolución científica" de la modernidad no constituyó una ruptura repentina y violenta** de la visión anterior. Esta revolución necesitó más de dos siglos para su desarrollo. Ella fue el fruto de un penoso trabajo que nada tuvo de lineal. **Su historia está plagada de contradicciones, malentendidos y saltos cronológicos.** Y ella fue posible gracias a la interacción de múltiples factores: no sólo al uso de las matemáticas y del método experimental, sino también a la **existencia de nuevas condiciones sociales, materiales y formales** e, inclusive, a la posibilidad de utilizar propuestas y esbozos teóricos de los antiguos.

La unificación de la ciencia, de la tecnología y de la técnica, fue un proceso que se inició en los siglos XV y XVI. Un grupo de artesanías llamó la atención de hombres instruidos (navegación, milicia, minería, cirujía) y los sabios comenzaron a valorar gradualmente la experiencia artesanal, para realizar la idea de la realización de *experimentos controlados.* De este contacto y del enriquecimiento mutuo entre el trabajo de los sabios, artesanos y artistas surgió ese saber que hoy en día llamamos "ciencia" como un enfoque de investigación de la naturaleza. Pero repitámoslo: fue fruto de un largo y paciente proceso.

Ud. debe darle importancia a lo anterior: la creación científica no es fruto de un día. Ella exige paciencia y trabajo en equipo. ¿Tiene Ud. paciencia y se siente capaz de trabajar en equipo?

Por otra parte, **la creación de la nueva ciencia coincidió con el trabajo de los humanistas renacentistas dedicados a redescubrir los textos de la ciencia antigua.** El axioma fundamental de la mecánica, por ejemplo,

según el cual "todo cuerpo conserva su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme, mientras no se lo impidan fuerzas externas", no fue el resultado del conocimiento de "datos" objetivos o de la utilización del método experimental. Todo lo contrario. Su formulación atentó, en su momento, contra el sentido común. Si se formuló, fue gracias al conocimiento de los textos de la antigua ciencia que le permitió a Copérnico destruir el cosmos geostático de los griegos; a Galileo su platonismo y experimentos mentales; a Newton la axiomatización de las leyes del movimiento; y a todos ellos, la reformulación de la filosofía corpuscular de los atomistas. Nos encontramos, pues, ante una compleja elaboración a la cual contribuyeron factores de tradiciones muy diversas y no a una lectura directa del libro de la naturaleza.

La lectura que hicieron los renacentistas de las obras científicas de los antepasados también tiene mucha importancia para Ud. No se puede crear ciencia si se desconoce la historia de las ideas científicas. ¿Podría decir por qué?

Como ya lo hemos dicho, **la ciencia está condicionada por factores sociales, materiales y formales.** Fueron muchos **los factores sociales** que posibilitaron la nueva representación cuantitativa de la realidad: la burguesía en ascenso que vió, muy prontamente, en una ciencia orientada al dominio de la realidad, un instrumento para acrecentar su poder económico y político; la escala de valores y el género de actividades del nuevo hombre "económico" que implicaban una superación de la dicotomía griega entre teoría y praxis, entre mente y manos; la convicción protestante que el éxito en las empresas humanas constituían un signo de predestinación; la creciente demanda social de conocimientos útiles; la nueva visión del hombre como "microcosmos operativo" en contraposición a la visión medioeval del hombre como simple "microcosmos sustancial figurativo".

No se puede afirmar, para dar un ejemplo, que la síntesis de Newton se puede explicar como una superestructura ideológica del régimen burgués impuesto en la Inglaterra de 1648. Pero tampoco se puede negar que la libertad intelectual, la capacidad organizativa y los estímulos dados por el régimen y la sociedad de ese entonces a la Royal Society, permitieron esta síntesis, su éxito, su hegemonía y su significado para una definición del *Siglo de las Luces.* Compárese esta situación con la de Galileo y sus compañeros italianos, quienes dentro de un contexto social y religioso, dominado por la tradición medioeval, se vieron impedidos de aportar lo que ellos habrían podido aportar.

La nueva ciencia también fue posibilitada por las **nuevas condiciones materiales**. El progreso tecnológico y la invención de instrumentos de investigación no sólo posibilitaron la creación de la nueva ciencia, sino que incidieron directamente en la forma de pensar y de ver la naturaleza: ésta podía "desmontarse", someterse a pruebas y reconstruirse a semejanza de lo que podía hacerse con las máquinas, por ejemplo, con un reloj.

Ud sin duda sabe que los creadores de la nueva ciencia, entre otros Newton, consideraron a Dios como un relojero. ¿Podría escribir algunas líneas explicando por qué?

La razón, al apropiarse de la naturaleza como si se tratara de una máquina, la convertía en algo artificioso, en algo no sagrado, en algo que dejaba de ser objeto de contemplación para convertirse en un conjunto de piezas manipulables de acuerdo con el arbitrio humano. Ante esta acción "pecaminosa" del hombre, no son de extrañar las resistencias de orden psicológico y religioso que quisieron obstaculizar la marcha triunfal del método experimental.

En cuanto a los **factores formales** que condicionan la producción de la ciencia, es suficiente recordar, brevemente, que la ciencia moderna no hubiese sido posible sin el desarrollo del cálculo infinitesimal.

Hoy en día, acostumbrados a que las teorías cambian de la noche a la mañana, no nos es fácil imaginar lo que significó para la humanidad la síntesis de Newton. Después de veinticinco siglos de dominio de la visión de Ptolomeo, los hombres habían logrado tener una visión del universo que daba respuesta a interrogantes que durante siglos habían estado en suspenso, que llenaba vacíos, que corregía falsas perspectivas y que predecía, inclusive, la existencia de otros planetas sólo a base de cálculo. Nada de raro, entonces, que el reconocimiento de éste éxito le hubiese otorgado a la física una hegemonía sobre todo el saber, hasta ser convertida en la instancia última para decidir sobre la cientificidad de todo decir humano. Desde entonces, hasta no hace mucho, se consideró como científico sólo aquel saber que, gracias al uso del método experimental y matemático, se organizaba según el modelo de la física inercial y gravitacional. Se puede citar, como ejemplo, el caso de aquella psicología que, bajo la hegemonía de la física, decidió que nuestras ideas y sentimientos tenían que ser analizados y explicados como el resultado de una atracción al estilo de la existente entre los corpúsculos elementales o entre los grandes cuerpos celestes.

Hemos mencionado algunos factores sociales, materiales y formales que posibilitaron la ciencia moderna. ¿Podría Ud. indicar cómo estos factores condicionan la ciencia actual? Redacte al respecto un pequeño ensayo.

1.3.3 La postmodernidad; los discursos científicos

Hoy en día la ciencia es vista desde otras perspectivas, como consecuencia del desarrollo de las diversas ciencias, de las nuevas exigencias sociales y, sobre todo, de los avances alcanzados por la reflexión epistemológica sobre la forma como la ciencia construye sus objetos, sobre los múltiples métodos mediante los cuales son construidos dichos objetos, sobre la incidencia de los proyectos en la elaboración de los métodos, **sobre los intereses sociales, económicos**

y políticos que determinan la formulación de los proyectos y, finalmente, sobre el poder de lo ideológico que contamina los intereses que acompañan necesariamente toda investigación.

La reflexión epistemológica se inició simultáneamente con la síntesis realizada por Newton.

En medio del júbilo a que dió origen aquella síntesis, el empirismo inglés se planteó en forma nueva el problema del conocimiento. Su esfuerzo se dirigió a comprender el método con el que operaba la ciencia. Su reflexión los llevó a rechazar las certezas metafísicas que contaminaban la física newtoniana: el espacio y el tiempo absolutos, la armonía del universo, la constancia de la naturaleza. Su crítica a los conceptos de la causalidad y a la ley natural objetiva, redujeron la ciencia a una descripción probabilística de las relaciones entre los fenómenos que se repiten habitualmente ante los sentidos. Esta reducción contenía en germen la convicción actual de que toda teoría tan sólo es una explicación provisional y que, por consiguiente, ella no es una representación plenamente objetiva que elimine por completo la intervención del sujeto.

Kant llevó adelante esta crítica epistemológica acentuando la participación del sujeto en la creación de la ciencia. Para él, los presupuestos conceptuales de la física -espacio, tiempo, orden de la naturaleza, leyes-adquieren necesidad y universalidad sólo sí se les conoce como estructuras a priori de la sensibilidad y del entendimiento humano. El yo kantiano, como "legislador de la naturaleza" aclaraba el éxito de la revolución científica que "había podido dar" leyes a la naturaleza, gracias a no haberse restringido simplemente a registrar pasivamente el acontecer de la realidad.

La misma reacción del romanticismo contra la unilateralidad y hegemonía de la ciencia cuantitativa implicaba, en sí misma, una crítica epistemológica sobre la validez y alcance de la física: su defensa del "sentimiento de la naturaleza", su misma nostalgia de la Edad Media, su desprecio por la "medida" racional de la ciencia, su tendencia a convertir a la naturaleza en el reino de la fantasía y de

las creaciones inefables, expresaban su convicción íntima de que la ciencia cuantitativa sólo es una de las perspectivas posibles que le era dado al hombre asumir frente a la riqueza significativa de la realidad.

La reflexión epistemológica se ha acentuado en este siglo. Imposible hacer un recuento de todos sus resultados. Pero sí vale la pena resaltar algunos de ellos.

En primer lugar, se ha puesto en claro que la esperanza de **una representación exhaustiva y definitiva del universo físico se presenta cada vez menos realista.** Citemos un texto de Einstein: "Entre todas las posibles imagenes del mundo, ¿qué lugar ocupa la que ha creado el físico?...la nitidez, la claridad y la certeza no se obtienen más que a expensas de la plenitud. ¿Que atractivos ofrece entonces el conocimiento de un sector tan limitado de la naturaleza cuando se descuida, por timidez, todo lo que resulta más complicado y delicado? ¿Merece acaso el resultado de un esfuerzo tan modesto el término orgulloso de teoría del universo con el que se le denomina?" *(Ideas y Opiniones, p. 214).*

> Recuerde Ud. la explicación que da la física de los colores. En un ficha haga la distinción del color azul que da la física y la vivencia que Ud. tiene del azul, por ejemplo, de un cielo azul. ¿Cuál de los dos azules tiene más significado en su vida? Posiblemente Ud. dirá que el azul del cielo. ¿Pero el azul definido por la física, no tiene ningún sentido?

En segundo lugar, la reflexión epistemológica ha permitido comprender cómo **no existe la Ciencia ni el Método Científico, en singular y con mayúscula y que, por consiguiente, la física y su método no constituyen el paradigma exclusivo que nos permitiría reconocer cuándo un saber es un saber científico.** Hoy en día se considera,

inclusive, que no se debería hablar de "las ciencias" sino de los "discursos científicos", pues al análisis, a la comprensión teórica y a la solución práctica de cualquier fenómeno deben concurrir discursos elaborados en muy diversos campos del saber. Al análisis y comprensión, por ejemplo, de la célula tienen que concurrir la física, la química, la estadística, la sociología, etc.

Trate Ud de explicar por qué para justificar el trazado de una carretera tienen que intervenir la geología, la economía, la ecología, la antropología, la historia, el derecho. En los proyectos que Ud. como profesional espera ejecutar, ¿qué saberes tendrá que tener en cuenta?

En tercer lugar, se ha puesto de manifiesto que el conocimiento humano es un continuo; que **no existe discontinuidad entre io natural y lo social, mútuamente el uno influye y condiciona al otro.**

En cuarto lugar, hoy sabemos cómo en la práctica científica no existe nada de inmutable ni verdades absolutas, pues toda teoría es una explicación provisional y todo objeto del saber es **el resultado de una construcción histórica llevada a cabo dentro de determinadas condiciones materiales (existencia de la infraestructura necesaria para la investigación), formales (desarrollo de la lógica y de las matemáticas) y sociales,** como lo veremos más adelante.

SEGUNDA UNIDAD

LA TECNOLOGIA

2. La tecnología

La tecnología domina, hoy en día, nuestra vida cultural y social. Cada día más ligada a la ciencia, ella nos ofrece un arsenal extraordinario de medios que determinan nuestra vida familiar y social, nuestras conductas, nuestras fantasías, nuestras esperanzas y... **nuestros problemas.** Prácticamente, como lo vimos en la introducción, a lo largo de las horas de cada día estamos en contacto inmediato con la tecnología. ¿Lo recuerda?

Por un momento piense en todo lo que significa la tecnología en su vida familiar y social. ¿La televisión, por ejemplo, ha limitado el diálogo familiar? ¿Qué aparatos utilizó en sus cumpleaños? ¿Qué comportamientos asumieron los asistentes a causa de estos aparatos? ¿No soñó, acaso, con tener un mejor equipo de sonido? ¿Este deseo no le está creando problemas económicos, familiares...? ¿Por qué no hace el esfuerzo de responder a estos interrogantes en una página?

2.1 La tecnología en la edad antigua

La tecnología aparece, entre griegos y medioevales, desligada esencialmente de la ciencia. Ella fue concebida como una "tekné", como un saber hacer, fruto exclusivo de la experiencia, gracias a la cual el hombre podía resolver "las urgencias de la vida", condición necesaria para el logro del "ocio" necesario para la vivencia de la ciencia como contemplación.

2.2 La tecnología en la modernidad

En la edad moderna la tecnología dejó de ser un simple "saber hacer" a partir de la experiencia empírica, para convertirse en un saber hacer a partir y en función de los principios teóricos de la ciencia y en una mediación entre ésta y su finalidad: la transformación de la realidad en función del bienestar y la felicidad terrestre del hombre.

Poco a poco, sin embargo, se fue estableciendo una relación más estrecha entre ciencia y tecnología.

2.3 La tecnología en la postmodernidad

En la actualidad la reflexión epistemológica ha puesto de presente una **relación esencial entre ciencia y tecnología**. La tecnología dejó de ser un mero instrumento o medio para aplicar un saber ya constituido. Ella participa dialécticamente en la construcción del mismo saber, de la misma manera que el saber, participa a su vez en la construcción de la tecnología.

Sin duda alguna, la ciencia tiene alguna primacía sobre la tecnología. La ciencia tiene como objetivo principal *explicar y predecir* los hechos de la realidad: formula problemas, investiga y evalúa los resultados de acuerdo con una diversidad de principios, tales como "poder explicativo", "congruencia intelectual", "exactitud descriptiva", que no se refieren a los beneficios prácticos que se pueden seguir. En cambio, es objetivo de la tecnología, el *cómo actuar* sobre la misma realidad, cómo manipular este mundo, cómo usar sus propiedades con el fín de construir nuevos objetos, máquinas, aparatos y, finalmente, cómo hacer la vida del hombre y de la sociedad más segura, más tranquila, más llena de satisfaciones.

Tradicionalmente se ha tomado como significado de la ciencia el avance de la comprensión del funcionamiento del mundo observable, el desarrollo de

descripciones lógicas, integradas y constantes de por qué y cómo ocurren determinados sucesos, cómo caen las manzanas de los árboles, cómo aparecen color verde y rojo, por qué son buenas para comer, sin importar la utilidad inmediata de estas afirmaciones. Es decir, una deducción de las leyes de la gravedad o de la óptica, el análisis quimico de los componentes de la manzana o el conocimiento de la fisiología de la digestión no se supone que nos haga de inmediato más ricos, más fuertes o más capaces de controlar la naturaleza. Por otra parte se consideran como avances tecnológicos el invento del telescopio, de las técnicas para cocinar, para enlatar, embotellar o preservar las manzanas, o de las medicinas para calmar los dolores de estómago que nos darán si comemos muchas de ellas. No contribuyen a la comprensión de la manera como actúan las leyes de la naturaleza sino que nos ayudan a controlar el mundo que nos rodea.

> Recuerde sus estudios de bachillerato y trate de dar otro ejemplo que ilustre cómo la ciencia explicita las leyes implicadas en una realidad y cómo la tecnología actúa sobre esta realidad.

La tecnología es, por consiguiente, en este sentido una ciencia de acción.

Mario Bunge lo expresa en los siguientes términos: "Entenderemos por tecnología el vastísimo campo de investigación, diseño y planeación que utiliza conocimientos científicos con el fin de controlar cosas o procesos, o de concebir operaciones de manera racional... Para la tecnología, el conocimiento es principalmente un medio que hay que aplicar para alcanzar ciertos fines prácticos. El objetivo de la tecnología es la acción con éxito; no es conocimiento puro, y, por consiguiente, toda la actitud del tecnólogo cuando aplica su conocimiento tecnológico es activa, en el sentido de que, lejos de ser un mero espectador, aunque inquisitivo, o un diligente registrador, es un participante directo en los acontecimientos" (*Seudociencia e ideología,* Madrid, Alianza, 1985, p. 33).

Sin embargo, la distinción entre ciencia y tecnología tiende a desaparecer totalmente. Hoy en día se consideran como dos actividades interdependientes, pues todo descubrimiento precede a la invención y la invención hace posible el descubrimiento.

Esta interdependencia, como ya lo hemos visto, se inició en la edad moderna. Citemos un sólo ejemplo. El telescopio fue el resultado de un estudio de las propiedades de las lentes que hizo un fabricante de anteojos holandés. Pero, a su vez, fue desarrollado por Galileo, tanto para hacer negocios con los mercaderes de Venecia como para estudiar los planetas. Este estudio lo condujo al descubrimiento de las lunas de Júpiter y, con el tiempo, a comprobar la teoría de Copérnico de que la tierra gira alrededor del sol y al desarrollo de la teoría de la gravitación.

De lo anterior se sigue que la tecnología desborda el simple ámbito de la aplicación de la máquina, de la electrónica o de la informática, que son sólo formas o manifestaciones de lo que pudiéramos llamar instrumentos de la tecnología. Un ingeniero de alimentos que crea una fórmula para conservar una fruta tropical está contribuyendo al conocimiento biológico de la especie a la cual pertenece esta fruta. Un administrador que introduce con éxito una nueva forma de motivar al personal de su empresa, está contribuyendo al conocimiento psicológico del ser humano en cuanto ser que actúa dentro de la sociedad.

A partir de los estudios que Ud. ha realizado, indique en una ficha otros ejemplos que le permitan visualizar la relación esencial entre ciencia y tecnología.

Por otra parte, el conocimiento que aplica el tecnólogo es el resultado tanto de la investigación organizada como de la codificación sistemática de las experiencias profesionales anteriores. Frecuentemente el tecnólogo procede de acuerdo con investigaciones fundamentales que se hicieron en función de la

:omprensión de fenómenos naturales y no de la solución de problemas ›rácticos. Pensemos en los descubrimientos de Faraday, Maxwell y Hertz elativos al electromagnetismo, que dieron lugar a una aplicación imprevista :omo lo es la nueva técnica de la radiocomunicación. Pensemos, igualmente, ›n la aplicación de la biología molecular en la agricultura, o de la física de alta ›nergía en la ingeniería mecánica.

.a tecnología avanzada no sólo es científica en su espíritu y descansa en ›enosas investigaciones, sino que también está basada en la ciencia, en cuanto ›xtrae sus fundamentos de disciplinas básicas. Poco futuro tendrá un ingeniero le alimentos que desconozca principios básicos de la química, de la biología, le la física. Horizontes muy reducidos serán los del administrador de empresas que ignore los fundamentos de la psicología, de la sociología, del derecho. Un ngeniero agrónomo poco llegará a realizar si no conoce los principios de la jenética mendeliana.

La tecnología no puede desarrollarse ignorando las conquistas de a ciencia, ni la ciencia puede progresar sin la riqueza de motivaciones que le ofrece la tecnología. Por poca anatomía que un zootecnista admita recordar o haber usado alguna vez, ella constituye el marco ntelectual que le da sentido a sus habilidades prácticas. Pero de la misma manera, los actuales astrofísicos están conociendo lo que están conociendo gracias a la tecnología de los trasbordadores espaciales y a los telescopios que han conducido más allá del espacio que nos es dado alcanzar a través de nuestros sentidos.

Es un hecho que los logros de la tecnología constituyen un material adecuado para la investigación científica. La tecnología hace progresar la ciencia. La medicina clínica, por ejemplo, fue un arte práctico que permitió conocer mucho sobre la salud, conocimiento que dió origen a ciencias básicas como la anatomía, la fisiología, la patología cuyo objetivo fundamental es el

conocimiento de la biología humana, independientemente de la aplicación clínica.

La tecnología poco a poco se convierte, de esta manera, en una nueva rama de la ciencia.

Lectura Complementaria No. 5.

Dimensión Lógica de la Tecnología
Mateo V. Mankeliumas

Lea detenidamente el siguiente texto y en una página resuma las ideas que le permiten a Ud. comprender la relación esencial entre ciencia y tecnología.

Por dimensión lógica entendemos una relación lógica entre el conocimiento científico (puro o aplicado) y las reglas tecnológicas, es decir, esta relación debe ser racional, porque sólo de esta manera nuestra acción sobre la realidad será verdadera y realista. Las reglas tecnológicas deben estar basadas en teorías científicas verificadas y no en creencias o conocimientos mágicos. Sin embargo, como veremos más adelante, esto no significa una deducción exacta y precisa de las teorías científicas. Hace unos veinte años se consideraba que las reglas debían ser deducidas de las primeras, porque los epistemólogos no consideraban sino la causalidad lineal; es decir, la epistemología apragmática sólo consideraba las normas de la lógica aplicada. En cambio, actualmente cuando predomina la lógica, cuando se consideran factores histórico-socio-culturales, estos factores específicos (en una región o en un ambiente cultural diferente) afectan de tal manera al proceso; que se hace necesario tomarlos en cuenta como causas específicas. Por consiguiente, las leyes científicas por sí solas no pueden convertirse en reglas tecnológicas. Especialmente en las ciencias sociales y/o humanas los factores concretos tienen mayor importancia por razones aún más valederas. En los comportamientos humanos rige la pluricausalidad multidireccional (que algunos autores llaman circular, término que se presta a la imprecisión), y no causalidad lineal tan propugnada por el positivismo lógico.

El tecnólogo se basa necesariamente en el conocimiento científico, porque de otra manera no alcanzaría su objetivo de eficiencia; el tecnólogo siempre debe obrar de tal manera que sea posible conseguir un fin deseado con la menor economía de recursos y el menor esfuerzo humano. El principio de economía física y humana es el principio de la acción. El tecnólogo actúa con el fin de conseguir efectos deseados en la realidad concreta valiéndose de los recursos existentes que estén a su alcance. Al tecnólogo no le interesan cómo funcionan las cosas de la realidad; mas bien procura conseguir resultados efectivos en su intervención; le interesan el input y el output, pero no se interesa en lo que está dentro y cómo funciona la caja negra. El funcionamiento de la caja negra lo deja al estudio de los científicos, para quienes ésta caja debe ser traslúcida. El tecnólogo persigue la eficacia de su intervención para el bien de la comunidad y/o de sus componentes.

Aunque las reglas de la tecnología son deducidas de las teorías científicas, éstas, en condiciones concretas, pueden y hasta deben ser adaptadas a las condiciones reales. Por eso el tecnólogo, basándose en su práctica, puede cambiar los materiales concretos, puede adaptarlas a la condiciones de los sujetos, etc.; porque las teorías científicas presentan leyes científicas generales que son válidas en todas las condiciones; pero las condiciones concretas pueden exigir su inclusión en la acción concreta. El mejor ejemplo nos lo proporciona la exploración del espacio y la colocación de satélites, en donde en la acción de colocar estos satélites se toman en cuenta los factores esenciales y se dejan a un lado los secundarios; luego, según las condiciones reinantes, se adaptan a ellas. Esto debe tenerse presente en las tecnologías de las ciencias sociales y/o humanas, donde los factores histórico-socio-culturales presentan condiciones específicas, que deben ser respetadas. Por eso la tarea del tecnólogo al tomar la decisión de actuar, necesariamente estudia estas condiciones.

Todas las ciencias factuales tienen o pueden tener sus tecnologías, aun cuando no todas tienen tecnologías suficientemente desarrolladas según las exigencias epistemológicas. En cambio, las ciencias formales no tienen tecnología, p. e., las matemáticas y la filosofía. Las tecnologías no se desarrollan aisladamente, sino en la interdependencia de unas y otras; como ocurre en la interdiciplinariedad entre las ciencias, lo mismo acontece con las tecnologías. Las tecnologías dependientes del conocimiento y del desarrollo de las

ciencias naturales, son mucho más desarrolladas que las de las ciencias sociales. En algunas ciencias sociales (humanas) este desarrollo es bastante rudimentario; por ejemplo, en la actualidad todos los psicólogos a nivel internacional se lamentan del poco desarrollo de sus conocimientos aplicados. Este poco desarrollo de las tecnologías muchas veces se atribuye a la variedad de concepciones y a la desunión académica y profesional. Por esta razón la interdisciplinariedad de las tecnologías es un grito cotidiano y continuo.

Las características de una tecnología verdaderamente científica son las siguientes:

a) En primer lugar toda tecnología debe basarse en conocimientos científicos y no en suposiciones o creencias: la ciencia describe, explica y predice las cosas de la realidad; la tecnología debe dar las reglas de intervención en la misma realidad, para el bienestar de la comunidad. "Una regla prescribe un curso de acción: indica cómo debe proceder para conseguir un objetivo predeterminado. Más explícitamente: una regla es una instrucción para realizar un número finito de actos en un orden dado". Estas reglas no son en si ni verdaderas ni falsas, pero deben ser efectivas en el proceder concreto, de ninguna manera pueden contradecir el conocimiento científico de la realidad. Estas reglas no pueden ser demostradas lógicamente, pero deben respetar el conocimiento demostrado. Para que puedan demostrar su efectividad deben ser repetidas en varias oportunidades, en donde prueben su eficiencia. Al mismo tiempo, estas reglas no pueden ser aisladas unas de otras, sino que deben formar un sistema organizado, donde muestren que los cambios en unas, necesariamente producen cambios en otras.

En la formulación de estas reglas hay que proceder con la misma precisión lógica de la definición de los términos. Por eso las instrucciones deben ser formuladas en términos claros, bien definidos, y dispuestos en orden lógico; el orden del procedimiento en su aplicación, también debe ser bien definido.

b. Otro problema característico, subraya de una manera especial M. Bunge, es la metodología que consta exclusivamente de procedimientos escrutables (contrastables, analizables, criticables) y justificables (explicables), en "particular"; estos son: *el método científico* (problema cognoscitivo - hipótesis- contrastación - corrección de hipótesis o

reformulación del problema) y *método tecnológico* (problema práctico - diseño- prototipo prueba- corrección del diseño o reformulación del problema)".

El segundo método se refiere exclusivamente a la tarea del tecnólogo en la investigación de nuestros procedimientos que buscan soluciones a problemas prácticos en condiciones histórico-socio-culturales concretas, o soluciones a problemas individuales en circunstancias particulares.

c. Al igual que las ciencias, también las tecnologías colaboran unas con otras en su desarrollo y de esta manera alcanzan una verdadera interdisciplinariedad tecnológica. En cambio, las tecnologías que no se basan en el conocimiento científico no son tecnologías en sentido estricto. Una verdadera tecnología necesariamente debe basarse en los conocimientos verificados por lo menos en una rama de las ciencias; cuando la tecnología se basa en conocimientos muy específicos, se llama alta tecnología. La interdisciplinariedad tecnológica es necesaria tanto en sus bases cognoscitivas como en la elaboración de reglas de procedimiento en la acción concreta efectiva; algunas veces se elaboran modelos de procedimiento con base en las matemáticas para asegurar su efectividad...

d. El tecnólogo no necesariamente debe conocer todos los fundamentos de una determinada ciencia, no toda la fundamentación necesaria. Sin embargo, debe conocer la parte esencial para su trabajo profesional, sea para la investigación (creación de nuevas tecnologías) o sea para su correcta y adecuada aplicación a situaciones concretas y reales. Pero necesariamente debe conocer la metodología tecnológica, sus estrategias e instrumentación.

Con base en estos principios epistemológicos el tecnólogo debe tomar decisiones para elaborar las reglas en el proceder de su acción, sin olvidar las condiciones concretas para actuar. Aun cuando la misma aplicación de estas reglas se deja al técnico, en nuestras condiciones cotidianas él mismo las aplica. La distinción entre tecnólogo y técnico es más bien lógica, pero en condiciones reales pueden ser separadas las actividades de los dos profesionales.

Problemas epistemológicos de la tecnología.
en Arte y Conocimiento, Bogotá, Nos. 8-9, 1989, pp. 30-33.

A partir de la lectura anterior responda en una ficha las siguientes preguntas:

a) ¿por qué la tecnología por su naturaleza es interdisciplinaria?

b) ¿Por qué las ciencias formales y la filosofía no tienen tecnología? ¿Pueden, en el futuro, llegar a tenerla?

TERCERA UNIDAD

CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD

3. Ciencia, tecnología y sociedad

3.1 ¿Una teoría social de la ciencia?

Ya hemos tenido oportunidad de relacionar la ciencia y la tecnología con la sociedad. Ahora lo haremos en forma más sistemática.

Inicialmente, tenemos que decir que se trata de algo sobre lo cual, solo desde hace pocos años, se discute. Esto significa que la relación entre ciencia, tecnología y sociedad continúa siendo un problema cuyas respuestas son demasiado divergentes. Esto lo podemos comprobar a través de la diversidad de títulos de las obras que tratan de dar respuesta al problema. Ud. encontrará en el mercado obras con títulos como estos: *Teoría social de la ciencia; Estudios sociales sobre la ciencia; Sociología del conocimiento; Ciencia y Sociedad; La Ciencia en el contexto social; Relaciones sociales de la ciencia y de la tecnología.* Podríamos citar muchos más. Pero estos títulos son suficientes para que Ud. se de cuenta de que estamos ante un problema que demanda una respuesta. Esta respuesta se ha querido dar desde diversos enfoques. Citemos algunos: el histórico, el filosófico, el sociológico, etc..

Si Ud. tuviese conocimientos filosóficos, se habrá dado cuenta que todo lo dicho hasta aquí tiene un enfoque que, en términos técnicos, se podría llamar **fenomenológico.** Nos hemos movido y nos seguiremos moviendo en un plano **descriptivo a partir de nuestra experiencia concreta de la ciencia y de la tecnología dentro del mundo de la vida.** No creemos que estemos en la posibilidad de formular una **Teoría social de la ciencia.** Jugando con nuestra experiencia, dentro del mundo que nos es cotidiano, no podemos inscribir la relación ciencia-tecnología-sociedad en un marco teórico que se pueda decir que ha sido lo satisfactoriamente ensayado y probado.

Fenomenológicamente, queremos responder a estos interrogantes:

1o ¿La creación de ciencia y tecnología responde y, hasta qué punto, a exigencias sociales?

Se trata de describir cómo hay una "demanda social por la ciencia". Esta demanda se da a diversos niveles: del hombre en cuanto hombre; de Pedro en cuanto Pedro; de la sociedad en cuanto sociedad.

2o. ¿Incide en la creación de ciencia y tecnología la estructura ecónomica, social, política y cultural de una sociedad?

No pretendemos agotar el tema. Sólo nos referiremos, teniendo en cuenta la situación de nuestro país, a cuánto incide en la creación de ciencia y de tecnología, el que se den:

- Hombres capaces.
- Comunidades científicas.
- Una infraestructura material suficiente.
- Una cultura favorable a las ideas científicas.
- Una extructura social propicia para el desarrollo científico.
- Una posibilidad para la socialización de la ciencia.

Respondamos al primer interrogante. Inicialmente debemos decir que se dan dos respuestas totalmente opuestas, denominadas el *internalismo y el externalismo.*

3.2 La teoría internalista

La teoría internalista considera que **todo nuevo conocimiento es producto de la dinámica interna de la ciencia, dinámica generada por los problemas y preguntas que surgen del conocimiento ya constituido**

y formulado. Así lo piensan, entre otros, Bachelard, Koyré y Kuhn. Todo conocimiento es producto del discurso hacia la verdad. La historia de la ciencia sería la historia líneal y homogénea de sus teorías, leyes y conceptos.

Esta teoría niega, por consiguiente, que factores extraños, como serían los de origen social, intervengan de alguna manera en la producción y desarrollo de la ciencia.

Un texto diciente es el siguiente: "Lo extraordinario en la obra de todos los grandes hombres de ciencia... es su independencia en relación a su medio. Todos buscan, mediante nuevos métodos, verdades en relación con los problemas que se dan en todas partes y siempre (...); la revolución del pensamiento a fines del siglo XVI y principios del XVII (...) fue esencialmente independiente de las preocupaciones técnicas de orden práctico en los dominios económico y material de la producción y del transporte" (JOHN NEF: *La naissance de la civilization et le monde contemporain.* pp. 74-75.).

Los internalistas no desconocen el carácter social de la ciencia y aceptan que hay condiciones de orden material que pueden posibilitar u obstaculizar el desarrollo de la ciencia. A pesar de esto, proclaman que la ley esencial de la producción de la ciencia es su "logos" interno, "logos" que constituye su propia vida y su propia gloria. La ciencia, según Koyré, "nos revela al espíritu humano en lo que tiene de más elevado, en su persecución incesante, siempre insatisfecha y siempre renovada de un objetivo que siempre se le escapa: la búsqueda de la verdad, *itinerarium mentis in veritatem";* y de modo rotundo añade: "Por sorprendente que pueda parecernos, se pueden edificar templos y palacios, e incluso catedrales, cavar canales, sin poseer un conocimiento científico, o poseyendo rudimentos de éste. La ciencia no es necesaria para la vida de una sociedad, para el desarrollo de una cultura, para la edificación de un Estado o incluso de un imperio".

De acuerdo con lo anterior, el internalista da primacía y privilegia la teoría sobre los datos empíricos.

Ud., de acuerdo con sus estudios, afirmaría con Koyré que, hoy en día, ¿podría enlatar alimentos o administrar una empresa sin conocimientos científicos? Si está de acuerdo, Ud. ha perdido plata y tiempo. Escriba una página sobre esto.

3.3 Teoría externalista

En contra de la posición anterior, la teoría externalista pretende explicar toda nueva idea como producto de factores totalmente externos a la ciencia, en especial, de factores sociales y económicos. El hombre de ciencia percibe, interpreta y transforma la realidad condicionado totalmente por las prácticas sociales.

Recordemos un texto de Marx que sirve de punto de partida a quienes defienden esta posición: "La producción de ideas y representaciones de la conciencia, escribe Marx, aparece al principio directamente entrelazada con la actividad material y el comercio material de los hombres, como el lenguaje de la vida real. Las representaciones, los pensamientos, el comercio espiritual de los hombres se presentan todavía, aquí, como emanación directa de su comportamiento material...No es la conciencia la que determina la vida, sino la vida la que determina la conciencia"*(Ideología Alemana,* pp. 25-26).

La ciencia, en su producción y desarrollo, no goza por consiguiente, de autonomía. Ella es fruto de intereses económicos, sociales y políticos.

Canguilhem, quien fue el epistemólogo que introdujo esta distinción entre internalismo y externalismo, le critica al externalista el considerar la ciencia como un simple "fenómeno de cultura, mediante el condicionamiento del medio cultural global, y por consiguiente, la asimila a una sociología naturalista de las instituciones, despreciando completamente la interpretación de un discurso con pretensiones de verdad".

Ud. estudió física en bachillerato. ¿La teoría de la relatividad fue una respuesta a exigencias sociales? ¿Sabe Ud. que la Rusia de Stalin se opuso a la relatividad? ¿Por qué? ¡Investíguelo! Pero, ¡que quede en una página!

Frente a estas posiciones extremas, se impone una vía intermedia que reconozca la verdad de cada una de ellas.

Al internalismo se le debe criticar el que desvincule la actividad científica de las otras prácticas humanas, como si ella fuera "una entidad en sí misma", independiente frente al hombre. Al externalismo, el hacer de la ciencia un fenómeno exclusivamente ideológico, determinado por las ideologías dominantes en la sociedad.

Sin duda que en épocas anteriores la producción de conocimientos se hizo más bajo la *voluntad de saber* o, como diría Aristóteles, a partir del hecho de que "**todo hombre por naturaleza desea saber.** No se puede negar, sin embargo, que hoy en día, **aunque el conocimiento progrese ante la necesidad de dar respuestas a nuevos problemas que surgen a lo largo de una investigación**, es un hecho que las demandas sociales y el contexto social dentro del cual se dan estas demandas, ponen en marcha y condicionan el desarrollo de la creación científica.

En la actualidad casi la totalidad de la investigación científica está en función del desarrollo de la sociedad. Ella se programa para responder a políticas formuladas por determinadas organizaciones: planes de inversión y producción, solución de problemas de salud, etc. De esta manera los objetivos últimos de la investigación no están bajo el control de los científicos y tecnólogos, sino que son fijados por poderes ajenos al sistema de ciencia y tecnología: gobiernos, empresas, etc.

Por otra parte, la investigación actual demanda una infraestructura material que, por su valor económico, no está en manos de los investigadores privados. Esta infraestructura, que condiciona y limita la producción de conocimientos, sólo puede ser aportada por agentes sociales.

A esto se debe añadir algo más. La creación científica no puede ser revalidada únicamente por su lógica interna. Ella está sometida, en alguna medida, a los intereses, a la tradición cultural, a la experiencia histórica, a las relaciones sociales de sus creadores.

Lectura Complementaria No. 6

La Historia Social de las ciencias
Carlos Eduardo Vasco

COLCIENCIAS patrocinó una Historia Social de las Ciencias en Colombia (10 vol.). Los autores discutieron previamente los criterios metodológicos. El siguiente texto resume la discusión sobre "internalismo y externalismo". Léalo con atención y extraiga en una ficha lo que más le interesó desde el punto de vista de Colombia.

¿Por qué calificar de social" una historia de las ciencias? ¿Se trataba solamente de una demarcación inocente respecto a una "historia de las ideas" que se creyera independiente de todos los demás procesos sociales? Hasta aquí, todos estuvimos de acuerdo. Pero pareció que el calificativo apuntaba hacia una historia "externalista" al estilo de cierto pseudo-marxismo que pretende "explicar" todo por demandas económicas del aparato productivo. Alrededor de este primer equívoco se han desarrollado los debates más enérgicos y menos conclusivos.

La presencia de varios sociólogos entre los investigadores ha marcado indeleblemente este debate, imprimiéndole una clara dirección hacia una sociología histórica de los científicos y de las comunidades científicas en Colombia, hasta el punto de haberse llegado a proponer un modelo de mera difusión de resultados científicos producidos en el exterior.

Pero la presencia de brillantes historiadores internalistas, y de un sociólogo convencido de la superficialidad de esa historia externalista tan bien ridiculizada por Canguilhem, le imprimieron una dirección opuesta, que insistió en resaltar la importancia de las

motivaciones subjetivas y de la dinámica intrínseca de cada ciencia, generada por las preguntas y los problemas que van surgiendo en el suelo fértil de los resultados anteriores.

Después de nutridos argumentos en favor y en contra de estas posiciones, se va conformando un consenso en una posición que intenta superar el internalismo y el externalismo en la dirección apuntada por Canguilhem y expresada lúcidamente en el informe de avance de Néstor Miranda sobre la Historia Social de las Ciencias de la Salud en Colombia.

Se trataría de superar las limitaciones del externalismo (que toma como objeto al ya constituido por la sociología de la ciencia) y del internalismo (que toma como objeto al ya constituido por la ciencia respectiva), intentando construir un nuevo objeto de la historia social de esa ciencia "de acuerdo con criterios valorativos fundados en los desarrollos contemporáneos de la ciencia, y en concordancia con la problemática específica que se da al interior de la ciencia y del pensamiento con las tensiones que se originan en el contexto".

En esta posición constructivista se acepta del internalismo la necesidad de partir desde la ciencia misma para superar al sociologismo, pero se acepta del externalismo la necesidad de no quedarse en el punto de partida, que por más que se considere lógicamente privilegiado, no permite excluir las tensiones exógenas o ambientales, sino que exige articularlas con las tensiones endógenas o hereditarias, para utilizar la terminología de R. Wilder.

Se acepta también que en un país como el nuestro, y en general para el desarrolllo de las ciencias en América Latina, no puede adoptarse con la misma fuerza el énfasis internalista que en la historia de las ciencias en Europa, tanto por las limitaciones estructurales dentro de las que va creciendo cada ciencia, como por la mayor dependencia de una ciencia incipiente a las presiones económicas y políticas.

Paralelamente al debate anterior se discutió una propuesta sobre la adopción del constructo "demanda social por la ciencia" como base teórica de los estudios de historia

social de las distintas ciencias en Colombia. La primera versión de esa propuesta pareció a muchos de los investigadores demasiado externalista, y se señalaron las dificultades de la formulación inicial, hasta llegar a precisar que habría que definir y operacionalizar al menos dos especies de esa genérica demanda social por la ciencia.

Una especie sería la demanda social externa, relacionada con la conciencia social de necesidades que se van convirtiendo en verdaderos problemas socialmente significantes y motivantes, y que asi, generen un campo de fuerzas que impulse a los científicos a responder a esas demandas y a la vez garanticen que los resultados científicos se difundan, se aprovechen, se gratifiquen, se valoricen socialmente y se reproduzcan.

La otra especie sería la demanda social interna, relacionada con la conciencia de las comunidades científicas que van formulando problemas significativos para los miembros de esas comunidades y que garantice la difusión interna, la utilización, la gratificación, la valorización y la reproducción de los resultados de la investigación científica dentro de esas mismas comunidades....

Se formularon, además, las "motivaciones metacientíficas", como los impulsos prácticos y vitales, la responsabilidad social, el deseo de fama, de contribuir a la felicidad humana y hasta la religión misma, dado que la intervención de la subjetividad, de la reflexión y hasta del "carisma científico", son la contrapartida subjetiva a la presencia de campos de fuerzas objetivas. Sólo la interacción entre ambas permitiría una explicación y una comprensión del desarrollo de una ciencia.

También se resaltó la necesidad de encontrar una mediación entre la demanda social externa y la interna, proponiendo como tarea la determinación de la organización del trabajo científico y de las condiciones en las que éste tiene lugar en cada sociedad y en cada período. Esta organización del trabajo científico sería el campo de articulación de los dos tipos de demanda y de "ofertas" de tipo subjetivo.

Las otras dimensiones de operacionalización propuestas eran: la utilización de los productos de las ciencias por la misma comunidad científica y por la sociedad, la institucionalización en la docencia, las sociedades científicas, los institutos de

investigación y similares, aspecto también relacionado con la organización del trabajo y, finalmente, la publicidad dada a los resultados...

Ciencia, Tecnología y Desarrollo, Bogotá, 7 (3) 1983, pp. 304-306.

Entre el internalismo y el externalismo, ¿cuál permite explicar mejor el desarrollo científico? En una hoja indique cinco razones a favor de su opinión.

3.4 Función social de la ciencia y de la tecnología

La ciencia y la tecnología no responden solamente a la necesidad de dar respuestas a preguntas que surgen a raíz de un logro científico. Ellas también responden a exigencias sociales. En este sentido ejercen una función social. Citemos las siguientes:

- Ellas responden a la opción de la humanidad Occidental de hacer de la existencia no un destino sino un proyecto, lo cual implica arrancarle los secretos a la naturaleza para ponerla a su servicio **(Demanda social externa).**
- Ellas permiten la realización del proyecto personal de creatividad científica **(Demanda social interna).**
- Ellas permiten, finalmente, a una sociedad su desarrollo social, económico y cultural y ocupar un puesto de avanzada en el concierto universal de los pueblos **(Ciencia y desarrollo).**

Veamos estas funciones por separado.

3.4.1 Demanda social externa por ciencia y tecnología

La creación de ciencia y tecnología responde, en primer lugar, a la decisión del hombre occidental de asumir la existencia no como un destino sino como un

proyecto. Añadamos, de inmediato, que esto fue posible porque un grupo humano -el griego- reconociendo en todo hombre la capacidad de un saber fundamentado, renunció a una visión mítica de sí mismo y del mundo.

Efectivamente, ciencia y tecnología son un producto histórico de la civilización occidental. Ellas responden a la toma de conciencia de que la existencia humana no es un destino sino una vocación, un proyecto, una tarea que implica no sólo **la humanización del hombre sino también la humanización de la naturaleza a partir de proyectos formulados por la razón.**

En la Grecia antigua, dominada por el mito, el hombre consideraba que la existencia humana estaba regida por los dioses o por la naturaleza. Desde esta perspectiva, la existencia era un destino frente al cual, al hombre sólo le era dado resignarse. De acuerdo con el mito de "Sísifo", la vida del hombre era la de un ser que cada mañana debía recoger una pesada piedra para subirla hasta lo alto de una montaña, arrojarla desde allí y, al día siguiente, repetir la misma "historia".

En un momento dado surgieron unos pensadores, los sofistas, que le enseñaron a los griegos que la existencia podía ser asumida, no como un destino, sino como un proyecto: que su existencia y la transformación del entorno estaba en sus propias manos. Desde este momento el hombre occidental se dió para sí mismo y para su sociedad la tarea de configurar su vida y su mundo a partir de sí mismo. Esta tarea la asumieron para realizarla bajo el dominio de la razón, de la autoconciencia, de la autodeterminación.

> Otras culturas se han dado metas diferentes. La cultura Hindú, por ejemplo, no sólo busca la huida de este mundo, sino el llegar a través del 'nirvana' a la pérdida de la conciencia personal, para desaparecer en un inconsciente impersonal. ¿Qué sabe Ud. del hinduismo? Consulte, al menos, una enciclopedia.

La visión de la existencia como tarea y como proyecto implicó, con el transcurrir de los siglos, crear un **reino de la necesidad a partir del saber,** gracias al cual el hombre puede gozar de una cierta seguridad y comodidad que le permite dirigir y consagrar su atención a aquello que considera más importante: su propio ser y el ser de su sociedad. **Fue entonces cuando los hombres comenzaron a convertir su saber en ciencia y la ciencia en un saber hacer.**

Este proceso de construir un "reino de necesidad" continúa vigente. Los científicos investigan, por ejemplo, cómo se pueden prevenir los terremotos para evitar tantas muertes y pérdidas económicas. ¿Podría Ud. dar otros ejemplos?

Los griegos comenzaron por explicar y dominar aquellos fenómenos que condicionaban en forma regular su existencia e, igualmente, por aquellos fenómenos irregulares como los eclipses, las tormentas, las mareas y, muy pronto, se formularon preguntas sobre los principios que deberían regir la conducta humana y la vida en sociedad. No faltaron respuestas que tuvieron consecuencias políticas por no estar de acuerdo con las explicaciones mágicas o con las creencias religiosas que el pueblo defendía.

¿Recuerda Ud. por qué fue condenado a muerte Sócrates? ¿Recuerda Ud. la lectura del texto mediante el cual se condenó a Galileo muchos siglos después?

Con el correr de los tiempos, los científicos no se contentaron con la experiencia directa sobre la naturaleza o con los resultados y técnicas de los artesanos. **A partir de su decisión de dominar la naturaleza y ponerla al servicio del hombre, se dedicaron a perfeccionar e inventar sus propios**

instrumentos para la experimentación -piense en el telescopio en el caso de Galileo-. Más adelante, crearon **un mundo de experimentación artificial** para estudiar en laboratorio cosas y sucesos: piense Ud. en el estudio y aplicación del electromagnetismo que sólo se hizo en el siglo pasado, gracias a las condiciones estables y controlables, creadas en un laboratorio.

Hoy en día, gracias al dominio de este nuevo mundo de naturaleza artificial, la ciencia a través de la tecnología ha transformado y continúa transformando nuestra vida diaria: el estudio del electromagnetismo, por ejemplo, tuvo su primera aplicación en el telégrafo que revolucionó al mundo de las comunicaciones humanas y, poco más tarde, en la electricidad.

> En una página, indique someramente hasta dónde el electromagnetismo ha revolucionado su mundo cotidiano y hasta qué punto la electricidad ha permitido que la existencia hoy en día para Ud. sea un proyecto y no un destino. ¿A qué hora se acuesta?

Se da, por consiguiente, *una demanda social externa por ciencia y tecnología.* A medida que una sociedad se realiza como *proyecto y como vocación*, **toma conciencia social de las necesidades cada vez mayores cuya solución constituye una demanda por más ciencia y más tecnología.** Las respuestas a estas demandas implican, por su parte, la obligación de que sean conocidas, utilizadas, valorizadas y gratificadas socialmente. Se trata de una demanda, diferente a la que podría llamarse *demanda social interna,* la cual se refiere a la necesidad sentida de los hombres de ciencia de formular permanentemente nuevos problemas que exigen nuevas respuestas, independientemente de la utilización práctica de estas respuestas.

3.4.2 Demanda social interna por ciencia y tecnología

Nos hemos referido a la relación de ciencia y tecnología con el proyecto de convertir la existencia humana en un proyecto y no en un destino. Este proyecto, como hemos visto, fundamenta *la demanda social externa por ciencia.* Ahora nos debemos referir a su significado para la realización personal de quienes se sienten llamados a ser creadores de ciencia y tecnología. Se trata de lo que hemos llamado *demanda social interna.*

Ud. puede estudiar determinadas ciencias porque tiene un interés en ellas o porque tiene facilidad para su asimilación. Es decir, Ud. lo puede hacer como puro “hobby”. Pero, sin duda, la razón principal está en el hecho que Ud. siente “vocación” y desearía prepararse lo mejor posible para ejercer la profesión elegida con el máximo de resultado, un máximo que no es otro que sentirse creador dentro de su mundo profesional. Pero Ud. sólo será creador si siente la necesidad y tiene la capacidad de formular nuevos problemas dentro de la comunidad científica o tecnológica a la cual Ud. pertenezca. ¡Cuán grande es el goce al lograrlo! Sí, con ellos Ud. le está dando pleno sentido a su existencia y a la existencia de la comunidad científica.

Lectura Complementaria No 7.

El gozo de conocer. Pierre Termier

!El gozo de conocer! Muchos científicos lo han gustado; unos, varias veces de su vida; otros, incluso de forma duradera y persistente en el ocaso de su vida; entonces, este ocaso ha tenido la dulzura y el esplendor de un radiante atardecer de verano. Este gozo, el gozo de conocer los ha consolado maravillosamente de la miseria, de la mediocridad, de la incomprensión, de la contradicción, de la estulticia hostil. Muchas veces han aparecido como pobres, mezquinos, miserables, un tanto locos, despreciables; se les ridiculizaba y se les compadecía, pero su alma estaba iluminada y jubilosa. ¿Qué importa vivir en la penuria, ser incomprendido y oscuro, cuando se vive en la gloria, en el centelleo de la gran gloria que se eleva, aquí abajo, hasta el horizonte? Gozo de Galileo al percibir, bajo su pie, el movimiento de la Tierra; gozo de Kepler al escuchar, en el silencio de las noches espléndidas, el lejano rumor de los movimientos de las esferas cuyas leyes precisas formuló; gozo de Newton al ver que, por todas partes a su alrededor, se afirma en el mundo la universalidad de la atracción, y que, de ese modo, toda la astronomía se convierte en un simple problema de mecánica; gozo de Laplace al exponer su célebre hipótesis sobre el origen del sol y de los planetas; gozo de Lavoisier al crear la química; de HaHy al crear la ciencia de los cristales; de Cuvier al reconstruir el primer mamífero fósil; gozo de Lamark y, posteriormente, de Darwin, al proclamar el principio de la variabilidad de la especie viviente y tratar de señalar las causas de esa variabilidad; gozo de Ampore y de Fresnel, al descubrir el primero las leyes de la electrodinámica y el segundo las leyes de la propagación de la luz en los diversos medios; gozo de Cauchy, de Hermite, de Maxwell, y, en un ámbito completamente distinto, de Claude Bernard y de Pasteur. Más cerca de nosotros imagino que Henri Becquerel ha debido estremecerse de júbilo al ver que, de pronto, la ventana de su laboratorio se abría ante una inmensa

“terra incognita”, el conjunto de los fenómenos de la radioactividad; que Pierre Curie ha debido saborear una profunda embriaguez al aislar el radio y comprobar sus desconcertantes propiedades; que también Henri Poincaré ha debido gozarse muchas veces con un gozo sobrehumano al ver cómo se desplomaban, bajo su crítica implacable, las opiniones caducas y los sistemas mal construidos, y al sentar las bases de esta mecánica nueva, que hoy se exalta hasta intentar explicar el universo, e incluso, quizá, hasta circunscribirlo.

Pero estos que acabo de citar son privilegiados. La mayor parte de los hombre de ciencia no perciben, durante su vida, más que resplandores fugitivos o pálidos reflejos de este gozo sobrehumano. La Verdad que buscan se oculta ante ellos; la vislumbran entre brumas, pero no pueden apresarla; y ya es bastante si se les concede precisar, alguna que otra vez, ciertos detalles del conocimiento. Sin embargo, no les compadezcamos. Lo que les queda es el haber codiciado la gran alegría, el haber vivido en el entusiasmo, en la esperanza, en el ensueño, en un ensueño infinitamente desinteresado. Son unos eternos enamorados, y nunca hay que compadecer a los enamorados. Quiero creer que, más allá de la muerte, se colmarán sus anhelos, se realizarán sus sueños, se satisfarán sus deseos, y que estos amantes de la Verdad se saciarán para siempre, como se ha dicho que deben saciarse, por toda la eternidad, los que tienen hambre y sed de justicia...

Sí, la ciencia es causa de gozo, una de las causas de gozo del hombre. Por eso habrá siempre científicos, mientras haya hombres capaces de pensar. Ciertamente, las Academias obran con razón al establecer premios, al prometer recompensas para estimular a los investigadores. Pero, ¿qué premio puede compararse con el gozo de descubrir? ¿Qué recompensa no parecerá miserable si se parangona con esa otra que la Verdad misma concede a quien la ha desvelado? Yo misma seré tu recompensa, y ésta será demasiado grande para tu pobre corazón, dice la Sabiduría Divina: “Ego ero merces tua magna nimis”. El gozo de conocer se muestra a veces tan abrumador, que se teme morir de él, igual que ocurre con la propia visión de Dios.

La joie de Connaitre, pp. 16-18, 25.

El conocimiento científico es característica esencial de la civilización dentro de la cual Ud. vive y dentro de la cual Ud. puede darle sentido a su existencia. Escriba un pequeño ensayo sobre ¿Por qué para mí sería un goce poder crear ciencia o tecnología?

3.4.3 Ciencia y desarrollo social

De la misma manera que todo hombre, si quiere hacer de su existencia un proyecto y no un destino necesita de ciencia y tecnología, así también toda sociedad, si quiere ocupar un puesto y jugar un papel dentro del concierto universal de los pueblos tiene que producir ciencia y tecnología. Si no lo hace, siempre estará en dependencia total de otros y, por consiguiente, su existencia deberá ser definida más como destino que como proyecto, más como sociedad que sólo vive del pasado o del presente que como sociedad capaz de crearse horizontes de futuro. Ser independientes es tener consciencia de que los otros también pueden depender de nosotros. Esto sólo es posible, hoy en día, en la medida que se dé una apropiación de la ciencia y tecnología existentes, a partir de lo cual seamos capaces de crear ciencia y tecnología.

No necesitamos extendernos en este punto. Su experiencia se lo dice a diario: sólo los países transformados científica y tecnológicamente tienen algo que decir en el concierto de las naciones. Sólo los países que dominen la informática. La genética, la investigación submarina y espacial, etc., tienen un futuro de desarrollo económico, social, cultural y de independencia política.

La ciencia y la tecnología no son sólo productos del conocimiento. **Ellas son una manifestación social, ellas expresan las condiciones históricas, económicas, sociales y culturales que vive un pueblo.**

A causa de esto los países que desean ocupar un puesto de avanzada, dentro del mundo civilizado actual, hacen sacrificios en diversos campos para poder destinar grandes sumas a la infraestructura que permite la adquisición, la transmisión y la creación de conocimiento científico. Ellos saben que sólo así sus condiciones históricas, económicas y sociales serán objeto de admiración por los países que no tienen la voluntad política de marchar al unísono con la historia.

Trate de informarse sobre cuál es el porcentaje del presupuesto que países como Corea del Sur, Tailandia o Indonesia, países hasta hace poco subdesarrollados, invierten en educación e investigación. Compare estos porcentajes con el de Colombia y saque conclusiones.

La creación de la ciencia y de la tecnología se da dentro de una red de relaciones sociales. Son estas relaciones las que dan origen a preguntas y con las preguntas a los problemas. Esta red no sólo influye en el modo de conocer sino también en la producción de novedades, como son los artefactos, necesarios para el bienestar humano y social.

Aún más, ciencia y tecnología se han convertido en el prisma a través del cual percibimos un entorno humano, un estilo de pensamiento, una forma de actuar, un papel para desempeñar en el mundo y en la historia. **Las sociedades actuales se sostienen en un conjunto de saberes y tecnologías que definen su grado de desarrollo, su puesto en el universo y ..., al mismo tiempo, sus problemas.**

Cite tres problemas què el mundo tecnológico le ha creado a Ud.y a su sociedad:

1o

2o.

3o.

El influjo de la ciencia y de la tecnología es de tal naturaleza que, hoy en día, la epistemología no se limita al análisis de los procesos cognoscitivos en sí mismos, sino que abarca, constitutivamente, las condiciones sociales que acompañan la producción de la ciencia y de la tecnología. No es suficiente verlas como un resultado o producto. Es necesario verlas como una actividad social que persigue la solución de problemas individuales y colectivos.

Y esto se ha dado no sólo en el campo de las ciencias naturales sino también en el de las ciencias sociales. Fue con las guerras mundiales que estas salieron del campo académico para convertirse en verdaderas profesiones: la industrialización trajo consigo problemas concretos sobre el comportamiento humano. Piense Ud. en los problemas de selección de personal, en el de la adecuación del hombre a las máquinas, en el de la superación de anomalías psíquicas originadas en el trabajo. Se trata de problemas cuya solución garantiza que un país alcance un desarrollo más pleno y pueda así ocupar un puesto digno en la comunidad de las naciones.

Ud. ha oido hablar mucho del estrés. ¿Podría indicar el nombre de algunas ciencias socio-humanísticas que deben tenerse en cuenta para enfrentar este problema propio de una época dominada por la ciencia y la tecnología?

Lectura Complementaria No. 8

Ciencia y desarrollo social

El siguiente texto son apartes de la ponencia que los Representantes Martha Catalina Daniels, Gilberto Alzate y José Blackburn presentaron ante la Cámara de Representantes en 1988 a favor del proyecto de "Ley de fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico".

Cuando se aborda la problemática económica, social y, aún cultural, del país, frecuentemente, y con sobrada razón, se señala, como uno de los signos de preocupación, el fenómeno de la dependencia (...). Un país es dependiente económicamente cuando no puede prescindir del sector externo sin que el aparato productivo se vea comprometido a fondo. La dependencia económica, a su vez, es resultante de la dependencia tecnológica y una y otra están a la base de la dependencia cultural.

Si analizamos el Sector Productivo constatamos que el 90% del parque industrial está conformado por máquinas y equipo importado (...). A escala macroeconómica, lo anterior se traduce en la presencia, en forma determinante, de patrones de producción y de consumo adoptados del exterior con repercusiones irreversibles tanto en el campo económico como cultural. Ello hace que, si bien la economía a escala mundial va en un proceso de creciente interdependencia, Colombia no tiene voz propia en él sino que se ve relegada en la marginalidad propia de una escueta depedencia (...). La tecnología, a partir de la primera revolución industrial y, más recientemente, a partir de la revolución científico-técnica que se presentó en la entreguerra, se ha convertido en el más

importante factor de poder a escala mundial y en el mundo básico de la producción (...). La presencia de la Ciencia y de la Tecnología hace que haya paises pobres con gente rica. La ausencia de Ciencia y Tecnología hace que haya paises ricos con gente pobre y entre ellos desafortunadamente tenemos que contarnos nosotros (...).

Entre la documentación estudiada por la Subcomisión resultaron particularmente ilustrativos dos estudios:

a) El informe de 1988 del Banco Interamericano de Desarrollo -Bid-, cuyo tema especial es el de Ciencia y Tecnología. b) Las datos estadísticos de Ciencia y Tecnología en América Latina y el Caribe publicados por la Organizacion de Estados Americanos -OEA. A partir de estos estudios concluimos lo siguiente:

1) La inversión de Colombia en investigación científica y desarrollo tecnológico equivale al 0.10% del Producto Interno Bruto. Ello la coloca muy por debajo de paises como Brasil (0.90%), México (0.66%), Argentina (0. 58%), Chile (0.41%), Uruguay (0,20%), Guatemala (0.22%), Perú (0.38%). Sus gastos en este rubro son sólo comparables con los realizados por paises como Honduras, Jamaica, Trinidad y Tobago, Paraguay, El Salvador, Ecuador.

2) Colombia tiene 1083 científicos e ingenieros dedicados a la investigación científica y al desarrollo tecnológico. Ello equivale al 0.4 por cada diez mil habitantes. Los datos registrados por otros paises son los siguientes: Argentina (3.6), Venezuela (2.8), Perú (2.7), Brasil (2.6), Trinidad y Tobago (2.5), México (2.2). En este aspecto Colombia está, inclusive, por debajo de Nicaragua (1.5), Chile (1.3), El Salvador (1.2), Guyana (1.0), Ecuador (0,6) y Paraguay (0.6).

3) Por lo que se refiere a patentes concedidas a residentes en 1985 Colombia registra un total de 169, Brasil 3934, Argentina 1677, México 1374, Chile 435, Venezuela 351.

4) En términos porcentuales, del total de patentes otorgadas en América Latina de 1978 a 1984, Brasil representa el 39.3%,

5) En cuanto al número de trabajos científicos publicados en 1984, Colombia registró 38, lo cual representa el 1.3% del total de América Latina. La situación de otros paises es la siguiente: Brasil 953 (31.7%), Argentina 770 (25.7), México 435 (14 .5%) y Chile 186 (12.8%)...

Los anteriores ejemplos muestran cómo el país se va quedando atrás aún en el concierto de los paises subdesarrollados. Nuestra productividad en relación con la de otros paises ha aumentado muy lentamente o se ha estancado. Colombia ha llegado a un estado de su desarrollo industrial y agropecuario en que debe comenzar a valorar la componente científico-tecnológica.

Ya no es posible alcanzar a los paises del sudeste asiático ni a Brasil, Argentina y México en cuanto a productividad en casi ningún sector de exportación. Pero no podemos seguir perdiendo posiciones frente a otros paises que incluso comenzaron su proceso de industrialización más tarde que nosotros...

La adopción de una política significativa en materia de ciencia y tecnología se constituye en requisito indispensable en pro de la modernización del Estado y de la Sociedad. Es forzoso reconocer que el Estado colombiano ha ignorado, por mucho tiempo, la necesidad de tener una mayor iniciativa frente a la ciencia y la tecnología

Ciencia. Tecnología. Desarrollo. 12(1-4)1988. pp. 17 s.

Ponga por escrito su reacción frente a los anteriores apartes de la Ponencia de los Parlamentarios.

3.5 Condicionamientos sociales de la ciencia y la tecnología

Hasta la década del 60 la epistemología de la ciencia, basándose en los principios del positivismo lógico, sólo se interesaba, de ordinario, por las conclusiones del conocimiento científico, en especial de la física. A partir de esa década, la epistemología comenzó también a interesarse por las ciencias sociales y por los factores histórico-socio-culturales que preparan el camino de la ciencia y fomentan su desarrollo.

Nos detendremos en algunos de estos factores como son la existencia de:

- Hombres creativos.
- Comunidades científicas.
- Infraestructura material para la investigación.
- Mentalidad favorable a la ciencia y la tecnología.
- Estructura social necesitada de ciencia y tecnología.
- Ambiente favorable a la socialización del conocimiento.

3.5.1 Hombres creativos

La creación de ciencia y tecnología depende, ante todo, de la existencia de hombres capacitados para esta creación.

No cualquiera puede crear ciencia. La creación de la ciencia y de la tecnología, a nivel personal, exige una serie de condiciones que, de ordinario, no dependen del individuo sino de la sociedad: ella exige, en primer lugar, una educación que le haya permitido al educando un verdadero desarrollo de sus potencialidades; que le haya abierto un horizonte de futuro para ser más y mejor en sí mismo y para enriquecer, con sus potencialidades actualizadas, a la sociedad de la cual hace parte; que le haya infundido el espíritu científico; que le haya dotado de los métodos exigidos para crear ciencia; que le haya permitido asimilar los principios básicos del saber elegido; que lo haya capacitado para estar al día en "el estado actual del conocimiento"; que le ofrezca la infraestructura necesaria para la investigación.

Aspecto fundamental para la creación científica es que la sociedad le ofrezca al investigador la suficiente libertad, para que el científico pueda emprender su trabajo sin sentirse coaccionado o subordinado a ninguna otra autoridad que no sea su amor a la verdad y su voluntad de servicio a la sociedad.

> ¿La sociedad colombiana, con su sistema educativo, le ha posibilitado a Ud. ésto? Históricamente muchos creadores de ciencia no han recibido el apoyo de la sociedad, en términos educativos, para llegar a ser lo que fueron. ¿Cómo superaron este obstáculo? ¿Ud. también lo podría hacer?

La persona actúa dentro de un determinado orden económico, social y político que afecta, en primer lugar, a la misma personalidad y que se refleja en su actividad creativa. Recuerde el texto de la condena de Galileo: una situación histórica estaba condicionando su trabajo.

Las aptitudes personales, los intereses y motivaciones que surgen del medio social, los instrumentos que se pueden utilizar, las condiciones de trabajo, el reconocimiento social a la labor creativa, condicionan necesariamente al científico.

> Haga un esfuerzo de informarse en Colciencias sobre cuántos científicos colombianos han abandonado el país -"cerebros fugados"- y escriba un pequeño ensayo sobre las razones por las cuales ellos buscaron otros horizontes.

Sólo son creadores aquellos hombres que, poseyendo el espíritu científico y el dominio de los métodos propios de la ciencia estén en capacidad para asombrarse frente a la naturaleza, para problematizarla, para formular nuevas

hipótesis explicativas, para diseñar experimentos cruciales. Recuerde Ud. que investigar problemas significativos y nuevos es un trabajo aventurado, puesto que las posibilidades de fallar son grandes. Sólo se logra crear si se tiene voluntad de saber, imaginación, paciencia, sentido de riesgo, capacidad de crítica y autocrítica, y, al mismo tiempo, el juicio para saber si un problema puede ser investigado exitosamente.

Ud. es universitario y ya debe estar capacitado para expresarse sobre las aptitudes, actitudes, motivaciones e intereses propios de un científico. Trate de consignarlo en una ficha.

Lectura Complementaria No. 9.

Mutis y la expedición botánica. Gabriel Restrepo

El siguiente texto le permitirá a Ud. comprender el papel del individuo creativo en la investigación exitosa, a pesar del contexto social desfavorable.

¿Qué parte le correspondió a Mutis en la creación de la expedición Botánica? La pregunta apunta en dos direcciones. La primera, evidentemente, busca determinar el papel del individuo, y la segunda, su contraparte, la evaluación del contexto estructural del virreinato.

Se ha afirmado, sin extraer las consecuencias del caso, que de no haber sido por Mutis, no se hubiera organizado una Expedición en el país, como las que se proyectaron, primero para Perú y Chile (1777) y, después de la nuestra, para Nueva España (1786).

En verdad, el Nuevo Reino no contaba con la rica tradición cultural de México o el Perú. Apenas se estaba proponiendo el establecimiento de una Universidad Regia; la imprenta y la biblioteca pública comenzaron tarde a publicar sus primeros periódicos y a organizar su sala de lectura. La tradición artesanal y técnica de los indígenas casi había desaparecido. Las huellas de su pasado no se conservaban(...). La arquitectura, de una pobreza absoluta; no había quedado nada de las chozas de los indígenas. Durante la Colonia, en la región andina colombiana, no se construyó nada con lujo y esplendor parecidos al característico de ciudades como México, La Habana, Lima o Quito, salvo unas pocas iglesias y conventos (...). La economía del Nuevo Reino se sustentaba, básicamente, sobre la explotación del oro. Predominaban las minas de aluvión, que

demandaban una técnica bastante sencilla, consistente en el lavado y decantado del metal(...). Las minas de veta que exigían una mayor capacidad técnica eran subexplotadas. Los comerciantes, por su parte, negociaban artículos traidos desde España, predominando los de consumo poco suntuario, si se comparan con los importados por otras capitales y ciudades hispanoamericanas. Pero, como afirma Colmenares, estos bienes en la práctica equivalían a artículos de lujo, por las cotizaciones que alcanzaban, debido a las distancias, los malos caminos, la escasez de dinero circulante, la dependencia de las ganancias en la minería, siempre inciertas, y, en fin, a la poca confiabilidad y seguridad y el gran margen de riesgo en las operaciones. Todo esto significaba, a su vez, que los capitales de los comerciantes no llegaban a ser cuantiosos, con todo y ser el grupo con mayor liquidez.

Los ingresos por cuenta de la agricultura eran limitados ya que la producción se restringía al abastecimiento del consumo interno y más aún, reducida al radio de pequeños islotes regionales, con ningún intercambio entre ellos. Poca diversificación de la producción, capitales escasos, mano de obra en constante disminución, explotación tradicional, con mínima utilización de la técnica -introducción de abonos, rotación de terrenos, mejoramiento y selección de semillas, modernización de las herramientas-, abastecimiento de las ciudades y distritos mineros cercanos sin consolidación de un mercado, este era el cuadro de la agricultura en el Nuevo Reino.

Mutis había urgido la creación de una Expedición desde su llegada al país, persuadido de las ventajas que podían generarse, para España, de un reconocimiento exhaustivo de las producciones naturales del suelo americano. Sus constantes representaciones no fueron atendidas, sino hasta cuando en la metrópoli se dieron los pasos pertinentes y se aseguraron las bases institucionales para una exploración de grandes proporciones. Sin embargo había prioridades: pesaban más, por ejemplo, las producciones naturales del Perú, entre las que se contaban sus famosas quinas de Loja, acreditadas internacionalmente.

Es muy posible que de no haber sido por Mutis, no se hubiera alcanzado proporciones comparables a las que tuvo, limitándose probablemente, a un rápido viaje de recolecciones. Su viabilidad más que a los designios de España se debió al trabajo

adelantado por Mutis sobre Historia Natural, convenciendo primero a las autoridades locales de que era posible llevarla a cabo con los hombres y los recursos disponibles en el país.

Ciencia. Tecnología, Desarrollo. 10 (3-4)1986, p. 199.

Qué le dice a Ud. el que Mutis, a pesar de la situación social de la Nueva Granada y del desinterés de la Metrópoli, haya podido llevar a cabo la Expedición Botánica? Escríbalo en una página.

3.5.2 Las comunidades científicas

La creación de ciencia y tecnología actualmente, no es obra, en principio, de un sólo hombre: es el resultado de un trabajo en equipo. Esto presupone la existencia de una "comunidad científica", es decir, al menos, de un grupo que con **aptitudes, actitudes, motivaciones, intereses, conocimientos y valores convergentes, se enfrentan a un problema, se critican y validan mutuamente, difunden y posibilitan la socialización del saber.**

De acuerdo con lo anterior, en nuestros días plantearse el problema de la ciencia en un país implica necesariamente preguntarse por la situación de sus comunidades científicas.

Ya hemos visto que todo fenómeno para ser explicado implica el concurso de discursos que provienen de diversos saberes. Ud. puede dominar un determinado saber, pero no los domina todos. Por consiguiente, sin tener en cuenta a los otros, poco o nada puede hacer.

De aquí que la ciencia, válida socialmente, es digna de confianza porque es el producto de una comunidad científica o ha sido validada por ésta, como lo veremos por extenso cuando hablemos de la socialización del saber.

¿Hasta que punto la sociedad colombiana ha posibilitado la formación de equipos de investigación, de comunidades científicas? ¿Hasta qué punto nuestra sociedad permite la comunicación permanente entre nuestros científicos y tecnólogos? Son muchos los obstáculos que han impedido la conformación de verdaderas comunidades científicas: la falta de apoyo a la investigación, el recurso de las universidades al profesor hora cátedra que impide una labor investigativa por parte de los docentes, lo limitado de nuestra infraestructura investigativa y de medios de comunicación científica. Nada de raro que aquellos que se sienten motivados y capaces para la investigación "huyan" a otros paises en donde esperan poderse inscribir dentro de una comunidad científica.

Ud. debe conocer la existencia en nuestra historia de algunas comunidades científicas, gracias a las cuales se lograron conocimientos valiosos. En una página refiérase a dos de ellas e indique algunos de sus aportes científicos. Pero, simultáneamente, pensando en su presente, indique el nombre de un científico colombiano actual, cuyos "pares" se encuentran en el extranjero, lo que significaría para él que en Colombia no exite una "comunidad científica" en su campo de investigación.

Lectura Complementaria No. 10

Las Comunidades Científicas. Lisímaco Parra

Sería muy prematuro afirmar que contamos con comunidades científicas desarrolladas, estables y garantes de la producción de conocimiento. En efecto, en una época en que el acuerdo o el disenso entre "compañeros de juego" se constituyen en característica interna de la investigación científica, en nuestro medio sigue predominando la actividad aislada. Aunque se requerirían estudios detallados en las distintas disciplinas que corroboren o invaliden nuestro punto de vista, creemos que no existen "paradigmas" que definan problemas, que posibiliten el aprovechamiento de conocimientos adquiridos y la continuidad de las investigaciones, que hagan necesaria la comunicación y el conocimiento de los resultados de investigaciones en curso, que permitan la crítica y el disenso fundamentado. Pero, y ésto sería tal vez más grave, es probable que ni exista en quienes se dedican a estas actividades la suficiente conciencia acerca de la necesidad de estas comunidades.

En el plano institucional son por todos conocidas las serias limitaciones que padece la actividad científica. Empecemos por lo relativo a la formación de los futuros pares que garantizan la sobrevivencia de la ciencia. Aunque es innegable la deficiente preparación de los bachilleres que ingresan a la Universidad, las condiciones vigentes en la docencia de los pregrados obstaculizan la resolución de este problema: el incremento en la contratación de profesores por hora cátedra, la docencia enciclopédica y repetitiva, la precariedad de los recursos bibliográficos, las dificultades de los docentes para poder desarrollar actividades investigativas que redunden en las formas y contenidos pedagógicos y el énfasis estrictamente profesional de los currículos con detrimento de la formación científica básica son factores que convergen y hacen posible una deficiente calidad de la educación.

En cuanto a los postgrados..., tanto en su oferta como en su demanda suelen ser determinantes factores puramente mercantiles y raras veces se encuentran comunidades de investigadores que les sirvan de sustrato...

Las comunidades científicas presuponen la previa labor académica de consolidación del conocer; y de manera inversa, la docencia se califica si cuenta con el estímulo de actitudes y productos investigativos continuamente renovados. Pero ayer como hoy, este proceso de retroalimentaciones no parece interesar mucho a nuestros dirigentes: la educación básica de cierta calidad está en manos privadas, mientras que el sector público parece debatirse entre el gremialismo de maestros mal remunerados y el desinterés estatal. En cuanto a la educación superior resulta diciente constatar la creciente desidia gubernamental. Sea como fuere, el hecho es que la “normalización” de las comunidades científicas y su futuro en nuestro medio están emparentados con la calidad de la educación básica y superior...

Así como la comunidad científica se constituye mediante el acuerdo entre “jugadores”, la “normalización” de la actividad científica en una sociedad implica el acuerdo en un juego de nivel superior cuyos jugadores serían las comunidades científicas y la sociedad. Las relaciones son indispensables y mutuamente fecundas. En el mundo moderno no podemos pensar en una sociedad independiente y sólidamente constituida sin comunidades científicas; pero a la inversa, parece poco probable que las comunidades científicas puedan consolidarse en paises que no cuenten con una madura “sociedad civil”.El lugar propio de las comunidades científicas es la sociedad civil. El desarrollo estable de las primeras está indisolublemente ligado a la suerte de la última. En la organización de sus intereses y estrategias, los particulares aprenden a valorar los beneficios que, no obstante la diferencia de intereses, pueden encontrar en otros particulares; el muy escaso volumen de investigación contratado por la industria, podría ser un ejemplo de lo mucho que nos queda por recorrer.

Por otra parte, hábitos y actitudes de los científicos colombianos como la falta de apertura, el autoengaño, la ausencia de crítica, el utilitarismo y la incapacidad de cooperar, han sido señalados como obstáculos perniciosos para la constitución de comunidades científicas. A partir de ellos podría inferirse que también los científicos resultarían beneficiados por

la pedagogía inherente al desarrollo de la sociedad civil, que obliga a la organización de los propios intereses, a su diferenciación con respecto a otros sectores, a la competencia civilizada, y también a la colaboración.

En el juego de intereses y negociaciones que constituye a la sociedad civil, mal podría la ciencia competir por sus objetivos si se presenta fragmentada, sin proyectos, prioridades y propósitos claros y organizados.

Estructura científica, desarrollo tecnológico y entorno social, pp. 570 ss.

Después de informarse, haga una pequeño ensayo sobre los obstáculos que se dan en el país para la conformación de comunidades científicas en su campo científico y tecnológico.

3.5.3 Infraestructura material para la investigación

Nos encontramos ante uno de los factores que nos permiten comprender mejor los vínculos entre "ciencia" y "sociedad". Se trata de una infraestructura muy costosa que la sociedad suministra, no para satisfacer las aspiraciones y curiosidades intelectuales de los investigadores sino para realizar los fines, objetivos o intereses de la sociedad -el Estado, la industria e, "idealmente", la comunidad-. Ciertamente que hoy en día, con muy contadas excepciones, la sociedad no considera la investigación como un bien en sí mismo, digna de todo apoyo. El apoyo se brinda a partir de intereses políticos, económicos o sociales que, frecuentemente, no están en función de la liberación del hombre y de la sociedad, sino de la ideología y del poder de unos pocos.

Ud. puede ser muy capaz, puede estar motivado, puede encontrarse al lado de "pares" con sus mismos conocimientos, quizá mayores, pero **si la sociedad no le brinda la posibilidad de contar con los equipos, laboratorios y bibliotecas que la creación de ciencia y tecnología exigen, ciertamente Ud. poco o nada podrá hacer.**

En épocas anteriores la infraestructura material pertenecía, de ordinario, al científico individual o a la institución académica en donde se trabajaba. Hoy en dia, ésta infraestructura es tan costosa que ni los individuos ni las universidades, con su presupuesto ordinario, están en capacidad de tenerlas a su alcance.

Sin embargo, la creación de ciencia y tecnología está condicionada por la existencia de esta infraestructura material. Piense Ud. sobre cuántas posibilidades de creación científica le están vedadas a los colombianos en ciertos campos de investigación -aquellos campos de la ciencia del futuro-, por la imposibilidad de contar con la infraestructura exigida: aceleradores de partículas, reactores, sondas espaciales, etc.

La imagen del científico actual tiene como fondo grandes edificios de laboratorios, llenos de equipos, dotados con los mejores sistemas de informática, talleres, bibliotecas y, un servicio muy eficiente de secretarias y de personal de mantenimiento de los equipos.

La existencia de esta infraestructura material condiciona las preguntas que Ud. y su equipo se pueden formular y, por consiguiente, las respuestas que pueden dar a dichos problemas.

Y aquí tenemos que referirnos a una consecuencia de gran importancia social. La creación científica al estar supeditada a una infraestructura material que no puede ser de uso personal y porque esta investigación necesariamente se tiene que realizar por verdaderas comunidades científicas compuestas por muchos especialistas, surge la injusticia social de que los reconocimientos y posibles recompensas por las investigaciones afortunadas recaigan sobre científicos

que, a la hora de la verdad, se han convertido en los burócratas que sólo han "manejado" a los que realmente han sido los creadores. Un problema social serio del mundo de la ciencia y de la tecnología es la estratificación de categorías y autoridades en el mundo de la investigación.

> Ud., como estudiante, ha oido de sus profesores las posibilidades de hacer determinados experimentos en genética animal, o en el procesamiento de algunas de nuestras frutas tropicales, o en el mejoramiento del tránsito, a nivel de contaminación ambiental. ¡Pero nos faltan equipos! ¿Podría citar Ud. algunos casos concretos?

Lectura Complementaria No. 11.

Caldas: La Formación del Científico.
Jorge Arias de Greiff

El siguiente texto le permite comprender la vocación científica de Caldas y la necesidad que tuvo de crearse su propia infraestructura material para realizar esa vocación.

Interrumpida la vida profesional (Caldas) tuvo entonces que dedicarse al comercio de ropas entre Popayán y Santafé, por la vía de La Plata y Timaná. Triste destino el de Caldas, se ha dicho siempre; pero, felicísima circunstancia esta, por el contrario. Los negocios de comercio le ocupaban únicamente los domingos en los mercados de los pueblos; tenía el resto de la semana libre, para que un asistente le leyese libros, y, lo que es más importante, el continuo viajar por el país desarrolló en él magníficas dotes de observador de la naturaleza y de los habitantes; el repetido ascender a los helados páramos para luego retornar a las ardientes llanuras le mostró, en la medida en que eso le interesaba, cómo la diversidad de la flora y de la fauna se distribuye en los diversos pisos térmicos, le mostró cómo la índole de sus habitantes está relacionada con los diferenciados climas; la nevada cumbre del Tolima era un saliente hito que dominaba buena parte de sus rutas, era un jalón que lo indujo a representar, mediante mapas o cartas los territorios que repetidamente visitaba. No queda duda de que así se formó el observador y el asociador que fue Caldas; que de ésta amplia relación con la naturaleza y con los libros que alimentaban su fantasía, leidos "in situ", en "tiempo real", en tierra caliente, fría y templada, provienen sus visiones sobre el clima y los seres organizados, sus concepciones geográficas, siempre de vastísima escala y también sus ideas sobre

la nivelación de las plantas, planteamientos de alguien que durante más de cinco años subió y bajó, día tras día, las escarpadas vertientes andinas, simultáneamente inmerso en la cambiante naturaleza y las selectas lecturas.

Fue Caldas paulatinamente haciéndose a unos pocos instrumentos, barómetros, termómetros; había conseguido uno a uno sus libros, siempre los que lo orientaron correctamente y los que necesitaba, pocas veces los que le significaron obstáculo, fabricó sus propios y rudimentarios aparatos, aún los de índole astronómica; esto lo obligó a refinar sus cuidados como observador instrumental, calidad en la que descolló. Con la ayuda de las ya citadas "Observaciones astronómicas" de Jorge Juan, construyó en 1796 un "Cuarto de Círculo"; con él determinó la latitud de Popayán. Se hizo a la astronomía de Lalande y otros tratados y a tablas astronómicas, y adquirió un octante de Hadley. Cada vez sus viajes eran en este sentido más provechosos: no llevaba aún un año cuando ya necesitaba almanaques astronómicos para sus tareas; en el siguiente año ya hacía observaciones barométricas en forma sistemática; fue en una de estas ocasiones cuando midió barométricamente la altura de Guadalupe, su primer trabajo publicado; tomaba rumbos para localizar los detalles geográficos que observaba desde la ruta, y ya tenía el mapa del curso del río Prado. Durante el segundo año de correrías había ya agregado a las observaciones del barómetro el cálculo de la altura de los lugares; se interesa entonces en los geógrafos que han recorrido y descrito estas tierras y pide libros e informes al respecto. Consiguió más tarde un telescopio acromático e hizo gestiones para adquirir otro que había en Cali y que pertenecía al Alférez Real; en el año 97 ya hacía observaciones astronómicas de latitud y recogía los datos necesarios para la metereología.

A instancias de los cabildos de La Plata y de Timaná que estaban empeñados en un pleito de límites, inició un extenso trabajo con el fin de elaborar la carta de la provincia de Timaná para lo cual hubo de determinar numerosas latitudes, realizar operaciones de triangulación y lograr la longitud de algún lugar. La oportunidad se le presentó con ocasión del eclipse total de Luna del 3 al 4 de diciembre de 1797, que observó en Garzón, trabajo al que Oltmanns dio gran peso al analizar las observaciones astronómicas de Humboldt y de otros astrónomos, pues el fenómeno fue muy observado en Europa.

Para fines de 1798 el acopio de datos lo hizo pensar ambiciosamente en elaborar el mapa de todo el virreinato y como ya disponía regularmente del "Almanaque náutico" de Cádiz y de un telescopio, podía usar los fenómenos de los satélites de Jupiter que observaba, para agregar a sus mapas más longitudes fijadas astronómicamente. Observó la emersión del primer satélite de Jupiter del 22 de diciembre con la que fijó la longitud de Popayán; Humboldt habría de admirar este trabajo, y con él ganar confianza en la marcha de su cronómetro, y en las determinaciones de longitud que venía realizando.

Ciencia. Tecnología. Desarrollo. 11(1-2)1987, p. 134.

A partir del texto anterior escriba un pequeño ensayo para responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles fueron las características del espíritu científico de Caldas? ¿Cuáles fueron las exigencias sociales a las que él trató de responder? ¿Qué hizo Caldas para superar el contexto socio-cultural de su época?

3.5.4 La mentalidad dominante en la sociedad

Ud. debe saberlo desde ahora: **no es fácil enfrentarse a la mentalidad que define a una sociedad, comenzando por las ideas que memorizaron sus profesores y que ellos continúan, no defendiendo, sino exponiendo. Por otra parte, nuestra sociedad es muy tradicionalista. Para ella no es fácil aceptar nuevas ideas o nuevas tecnologías. Pero también puede suceder lo contrario: que las ideas dominantes en una sociedad faciliten la aparición de nuevas ideas científicas o de nuevas tecnologías. Pero, de ordinario, sólo sucede en los países desarrollados.**

A partir de su experiencia, ¿podría escribir una página sobre ia resistencia de nuestra sociedad a aceptar nuevas teorías científicas ya sea por motivos sociales, políticos o religiosos? ¿Podría Ud. referirse a la resistencia de nuestros campesinos frente a las nuevas tecnologías agrícolas?

Insinuar una nueva hipótesis para explicar un fenómeno, sugerir un nuevo aparato que debe ser creado, una manera diferente de hacer las cosas, unos mejores principios de administración, puede aportar incomprensiones e, inclusive, pérdida del trabajo.

Lectura Complementaria No. 12

La comisión Corográfica. Gabriel Restrepo

El siguiente texto nos permite ver cómo la ideología dominante en una sociedad, sobre todo si es participada por quienes poseen el poder, condiciona la creatividad científica.

La Comisión Corográfica de la Nueva Granada fue el segundo intento en la época republicana de renovar el estudio de las realidades nacionales, iniciado con los trabajos de la Expedición Botánica. Fue aquella una institución científica, la primera de alcance nacional, creada y financiada por el Estado... La Comisión Corográfica se organizó en 1850 **siguiendo el imperativo de conocer un país que se transformaba, que afrontaba profundos cambios en el orden económico, político y social.**

La ley de 1839 que ponía los fundamentos de la Comisión, había proyectado una descripción que revelara las **condiciones físicas, morales y políticas de la nación colombiana.** Dentro de aquellos lineamientos la preocupación inicial era la geografía física. **Urgía, por entonces, definir los límites** con los paises vecinos y señalar fronteras que sirvieran como base para negociaciones diplomáticas, en un período de tensiones internacionales. Otro tanto se requería a nivel interno con la demarcación de las fronteras entre las diferentes provincias, **con el fín de racionalizar la administración pública** y tener un fundamento menos arbitrario para la división político-administrativa.

A esta orientación cartográfica se sumaba **el interés de obtener un inventario de los recursos naturales, precisamente cuando se daba un vuelco en la**

concepción del manejo y del rumbo de la economía. En consonancia con esto, la Comisión debería indagar por las fuentes de riqueza del país, estudiar sus minerales, su variada fauna y principalmente, siguiendo una tradición ya esbozada, su flora.

Para los reformadores liberales de mitad de siglo que pretendían romper con el pasado colonial y buscar un "modo propio" de orientar el país -aunque en general ese modo propio pretendió convertirse en un transplante fiel de modelos económicos y políticos no muy adecuados al carácter nacional-, para los liberales de esos años era, por último, inaplazable también penetrar en la **comprensión de la constitución espiritual del neogranadino. La Comisión se preocuparía desde el comienzo por el hombre, por mostrar sus diferentes costumbres, las variadas manifestaciones de su religiosidad, sus expresiones linguísticas más singulares, y dentro de todo esto, su forma de articulación con la organización política y sus vínculos económicos y formas de integración social.** Sin duda, cuando se gestaban cambios profundos, la mirada debía privilegiar aquello que podía servir de elemento aglutinador y cohesionante. Para el liberal romántico la identidad nacional no se fundaba en la tradición española, ni en la religión católica o el idioma, sino más bien en lo típico de la provincia, en las costumbres del aldeano, en el ancestro indígena. Así, el carácter nacional no se definía por lo más general, que podía ser común con lo español, sino por lo específico, por el detalle de cada región.

En síntesis, la Comisión Corográfica se proponía redescubrir el país, es decir, pensarlo; dominar el paisaje y no únicamente describirlo; en una sóla palabra buscaba fundamentar el conocimiento de la Nueva Granada.

Ciencia, Tecnología, Desarrollo. 10 (3-4)1986, p. 234.

Hemos subrayado algunos apartes del texto anterior. ¿Podría escribir una página sobre las partes subrayadas?

3.5.5 La estructura de la sociedad

Un factor y, por cierto muy importante, que incide en la creación de ciencia y tecnología es **la estructura de la sociedad en la cual Ud. espera crear.**

Hoy se tiene claridad que las ideas, las instituciones, la estructura de las relaciones sociales dentro de las cuales se realiza la ciencia tienen una historia, son el resultado de la práctica humana a lo largo del tiempo. Esto hace que la creatividad científica y tecnológica no sólo tenga una historia sino que también esté sometida a la contingencia de ésta. En este sentido se puede comprobar cómo dentro de una sociedad se darán momentos de gran apertura a la creatividad, y momentos en los cuales el pensar y actuar de la sociedad constituyen verdaderos obstáculos a dicha creatividad. **La ciencia y la tecnología se crean en lugares concretos y en momentos determinados.**

De esta estructura hacen parte los intereses económicos, políticos, religiosos. Inclusive, aquí se deben mencionar los conocimientos que la sociedad posee en un momento dado como también *los misterios y problemas* que la sociedad quisiera que los científicos y tecnólogos le resolvieran.

> Reflexione Ud. sobre la poca importancia que nuestras universidades le dan a las facultades de ciencias básicas, o sobre la manera como se privilegia la transferencia de tecnología a la creación de tecnología propia. ¿Podría Ud. escribir una página sobre lo anterior?

3.5.6 La socialización del conocimiento.

Finalmente, tenemos el problema de la socialización del saber. Una nueva teoría, un nueva invención tecnológica están sometidas a su aceptación por parte de la sociedad, comenzando por los "pares" científicos y tecnólogos.

Los resultados científicos y tecnológicos tienen que ser sometidos a la aprobación de otros científicos. Es posible que sean rechazados. Esto nos está indicando cómo la producción del conocimiento científico no es cosa de un individuo sino un proceso social en el que las interacciones críticas entre los científicos juegan un papel vital.

Este proceso social se hace más patente si tenemos en cuenta que un conocimiento reconocido por los "pares", debe continuar un proceso de socialización. Si el nuevo conocimiento fue reconocido por la sociedad científica, él debe debe ser publicado en una revista especializada y, posteriormente, incluído en las manuales de enseñanza para que llegue al gran público. En principio, el nuevo conocimiento llega al gran público una generación después de creado.

El creador necesariamente se tiene que preguntar si sus resultados se tendrán en cuenta una vez publicados. Es posible que no lleguen a "socializarse" por diversas razones. Por ejemplo, porque lo creado no conduce a ninguna parte, porque no sugiere nuevos problemas, porque no se considera útil, porque no se entiende, porque los resultados son demasiado extraños. Se pueden dar otras razones: es posible que de forma inmediata se publique una información más eficiente, más útil, más sencilla.

La no aceptación de lo que Ud. ha creado puede ser resultado, no de su calidad, sino de otros factores. Los científicos y tecnólogos están sometidos a presiones externas de los políticos o a recelos que dan origen a puntos de vista diferentes. Ud. se encuentra aquí ante uno de los factores que dice relación con la ética en el mundo de la ciencia y de la tecnología.

¿Cuántas publicaciones periódicas colombianas conoce Ud. dedicadas a su especialización? ¿No considera Ud. que la falta de éstas publicaciones constituye un obstáculo para la socialización del saber que se produce en el país y para la misma producción científica y tecnológica?

Una creación científica o tecnológica que no sea aceptada socialmente significa una gran frustración para el científico.

Pero esto no es todo. Su creación puede haber superado las pruebas anteriores. Sin embargo, Ud. debe estar preparado para otras pruebas. Efectivamente, toda creación científica y tecnológica, a causa de su carácter provisional, que ya mencionamos, puede ser "transformada". La ciencia y la tecnología están siempre en plan de superarse. A medida que ellas avanzan, los resultados anteriores parecen obsoletos e imperfectos. Pero tranquilo, esto hace parte de la "humildad" que debe acompañar a todo creador.

> Ud. sabe que el sistema del universo enseñado por Ptolomeo perduró durante veinticinco siglos; que el sistema de Newton sólo perduró tres siglos hasta cuando apareció la relatividad de Einstein. ¿Considera Ud. a Newton inferior a Einstein?

Por otra parte, las respuestas sólo alcanzan validez cuando ellas respetan esta red de relaciones, dentro de la cual surgió la pregunta-problema. Frecuentemente se introducen en un medio cultural tecnologías provenientes de otros medios, sin que existan las condiciones necesarias para su adaptación.

Esta es una de las bases de la investigación interdisciplinaria y participativa, pues ellas responden a la necesidad de que el planteamiento de los problemas se haga:

a) desde diversas perspectivas interrelacionadas, superando así la simple descripción empírica o el simple diagnóstico empírico que sólo considera los efectos y no las causas de una situación dada, lo cual en poco o en nada contribuye a la transformación de la realidad.

b) desde las necesidades reales y sentidas de una sociedad que quiere trascenderse a sí misma.

Citemos un ejemplo. Son numerosos los estudios que se han hecho en el país sobre el subdesarrollo. Se tiene la impresión que **el tratamiento ha sido de un tema y no de un problema.** Es posible que la mayoría de ellos hayan contribuido a la teoría de la tecno-economía, pero no de la economía social. El hecho es que sus resultados en poco han contribuido para superar nuestro subdesarrollo porque han desconocido la red de relaciones sociales dentro de la cual se da este fenómeno. De esta manera tenemos una teoría limitada sobre el subdesarrollo, pero no una teoría sobre cómo salir de él. Se nos ofrecen teorías sobre el subdesarrollo pero no una teoría sobre el desarrollo teniendo en cuenta nuestra situación social concreta. De aquí que estemos imposibilitados para actuar sobre las causas, de tal manera que nuestro subdesarrollo se transforme en otro más acorde con lo que deseamos y esperamos.

Lectura Complementaria No. 13.

La Socialización del Conocimiento. Johm Ziman

Aunque la investigación científica se lleva a cabo por científicos independientes o equipos de científicos, el conocimiento científico es mucho más la suma de sus descubrimientos separados. La ciencia válida es particularmente digna de confianza por ser el producto de una "comunidad científica" Esta no toma, necesariamente la forma de una institución organizada, como una sociedad científica. En principio, un "colegio invisible" está abierto a cualquier persona que pretenda estar haciendo una contribución original al conocimiento en un campo concreto; en la práctica, la afiliación se limita a los científicos que cuentan con requisitos académicos adecuados y experiencia en la investigación. Desde el punto de vista de cualquier científico individual, la comunidad científica consiste simplemente en todos los demás científicos que pudieran intersarse en los resultados de su investigación.

Es responsabilidad de la comunidad científica, a través de sus sociedades o por iniciativa de miembros individuales, crear y mantener el "sistema de comunicación" de la ciencia.

Consiste éste en revistas especializadas para la publicación de informes primarios de investigación, conferencias en las que los científicos pueden encontrarse en persona para discutir los progresos que hacen en sus respectivos temas y una diversidad de servicio de resúmenes, crítica de revistas, monografías eruditas, etc., donde los resultados de la investigación, comunicados por los diversos científicos individuales, son objeto de cotejo e índices.

El sistema de comunicación de la ciencia no es, simplemente, un medio para difusión pública del conocimiento, sino que fija normas también para la aceptación de solicitudes

primarias de investigación. Cada informe sobre investigación, sometido para su publicación en una revista científica de prestigio, es revisado por el editor o por árbitros que están calificados científicamente para juzgar sobre su originalidad o validez. Puesto que las únicas personas con estas calificaciones son los demás científicos del mismo campo, la investigación que se publica de cada científico queda sujeta a un proceso de revisión por sus pares y por tanto, tiene que alcanzar un cierto nivel de calidad técnica, argumentación lógica y exposición coherente.

Pero es únicamente la primera etapa de un proceso continuo de evaluación comunal y revalidación de los resultados de la investigación. Es deber público de todos los miembros de la comunidad científica proceder al estudio cuidadoso del trabajo de otros científicos y llamar la atención sobre los errores de hecho o los argumentos falaces. Este proceso de crítica tiene el estímulo de la "competencia" entre los científicos pertenecientes al mismo campo; se gana prestigio al lograr las mejoras sustanciales en el trabajo de investigación de otros, en ia reinvestigación de resultados dudosos, en la determinación más precisa de hechos o en la extensión de la investigación a campos nuevos. Por medio de este escepticismo organizado, el conocimiento científico se comprueba y la comunidad científica acredita su validez...

La comunidad científica no está organizada como una burocracia formal. En principio, todos los científicos son iguales, con igual acceso a los medios de comunicación y a la crítica. En la práctica, existe una jerarquía de estima graduada escalonadamente, en la que las autoridades descollantes, esto es, aquellas a quienes se atribuyen los descubrimientos más importantes, forman una élite sumamente influyente. Son ellos, por ejemplo, quienes gobiernan las instituciones formales del mundo científico, tales como las sociedades científicas, y quienes también encabezan los muchos "colegios invisibles" informales que cubren las diferentes ramas del conocimiento científico. No obstante, el ideal de una comunidad científica universal que abarque a todos los científicos de todas las naciones, de todas las tendencias políticas y de una amplia gama de edad y experiencia, es una característica esencial del modelo social de la ciencia en su forma académica. Una comunidad así no podría funcionar si sus miembros no respetasen ciertas reglas de conducta, por ejemplo la aceptación de las críticas de los árbitros y la abstención de convertir la controversia científica en una cuestión personal.

Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad, p. 89.

¿Por qué los "colegios invisibles" operan un "control crítico" sobre el desarrollo científico? Aduzca tres razones para preferir conocimientos validados sobre simples opiniones. Escríbalo en una página.

3.6 Incidencia de la ciencia y de la tecnología en la sociedad

La ciencia y la tecnología definen a nuestra sociedad hasta el punto que podemos decir que ellas contribuyen a la *ideología de la sociedad y hacen parte de ella.* De las representaciones científicas, de "las imágenes científicas del mundo", la sociedad obtiene deducciones teóricas y prácticas.

Aún más, todos nosotros nos familiarizamos con informaciones derivadas de las ciencias: qué alimentos son saludables, cómo se tratan ciertas enfermedades, qué hay que hacer cuando se daña un fusible. Sin duda que se maneja información muy fragmentaria. Sin embargo, sobre ellas se basan la mayoría de nuestras acciones sociales.

Si la base de la tecnología es la ciencia, entonces tenemos que decir que la base de una sociedad depende del grado no sólo del uso de la tecnología sino de la apropiación y creación de ciencia.

Redacte unas líneas sobre la percepción que Ud. tiene sobre nuestra sociedad actual y hasta que punto esta sociedad está marcada por la ciencia y la tecnología. Problema acuciante nuestro es la creación de tecnologías propias. ¿Es esto posible si no producimos al mismo tiempo ciencia?

La ciencia y la tecnología están al servicio del hombre y de la sociedad. Ellas posibilitan que el mundo sea más humano, esté a la medida de nuestra dignidad; o, que por el contrario, sea más inhumano.

Ellas generan diversas formas de interacción social. Piense Ud., por ejemplo, cómo influyen los sistemas de transporte en los procesos de urbanización y en la red de relaciones sociales, ya sea que se utilice el automóvil o el servicio colectivo.

Esta influencia de la ciencia y de la tecnología en la sociedad nos permite comprender por qué la ciencia no es neutral: ellas pueden o no favorecer a la sociedad en cuanto sociedad. Históricamente se puede comprobar cómo ellas pueden estar, inclusive, al servicio exclusivamente de un grupo social o de un régimen político.

Escriba una página sobre la utilización de la ciencia por parte del nazismo.

Uno de los interrogantes actuales sobre el desarrollo y legitimación de la ciencia y de la tecnología se refiere precisamente a los intereses ocultos de las llamadas políticas científicas de determinados gobiernos. ¿Por qué y para qué sólo apoyan determinadas áreas de investigación? Ud. debe informarse sobre cómo la decisión de apoyar sólo ciertas áreas de investigación científica y de excluir otras, no están libres de intereses, de posiciones ideológicas, de la afirmación de ciertos valores en detrimento de otros.

Añadamos que no siempre la gente está preparada para aceptar como "verdad" un resultado a partir de la misma ciencia. Con frecuencia la actitud de aceptación o de rechazo depende de una situación social o política y no de la validez o verdad del conocimiento propuesto.

La influencia del contexto social y cultural sobre la ciencia se puede apreciar a través de tres niveles de análisis:

1o. *A nivel de los conceptos científicos.* La influencia de los factores sociales es débil en los inicios de una elaboración teórica, ya sea por sus costos económicos o porque tradicionalmente se prefiere trabajar dentro de los llamados parámetros de la ciencia "normal". La disposición de ánimo está más en función de la transferencia tanto de ciencia como de tecnología. Esta es la situación más común en los paises en desarrollo como el nuestro.

2o. *A nivel de los temas de investigación.* Las ciencias básicas han logrado un alto grado de madurez. De hecho, a nivel mundial, la investigación se realiza fundamentalmente en función de la ciencia aplicada. **Esto significa que socialmente los temas de investigación están limitados y lo están con mayor razón en los países en desarrollo.**

¿Podría Ud. indicar por qué los temas de investigación son más limitados en países como el nuestro?

3o. **A nivel de las instituciones.** Los temas de investigación, los métodos de trabajo, los medios de transferencia y difusión de la información científica dependen de la existencia dentro de la sociedad de instituciones. Estas instituciones en sí mismas, en su origen, en sus objetivos dependen de la estructura socio-cultural de cada país. En este sentido la ciencia tampoco es autónoma.

3.7 Humanización de la ciencia y de la tecnología

Si queremos vivir satisfactoriamente dentro de la sociedad, o si queremos estar listos para transformarla si no es satisfactoria, tenemos que pensar en la ciencia y la tecnología.

La ciencia y la tecnología tienen grandes valores para la humanización no sólo del mundo sino del hombre.

a) Constituyen un potencial ético

Desarrollan el sentido de responsabilidad; prueba que estamos sometidos a las leyes de la naturaleza; nos exigen fundamentar nuestras acciones en bases objetivas; nos educan en la exactitud y rigor ante las cosas, a no conformarnos con el "poco más o menos"; nos impelen a trabajar en equipo y a experimentar; nos abren horizontes de futuro.

b) Contribuyen a nuestra tranquilidad y seguridad

Como ya lo hemos dicho la ciencia y la tecnología crean un "reino de necesidad". Ellas nos permiten conocer la legalidad y armonía que existen en el universo. Conociendo esta legalidad y esta armonía, el hombre puede darse a sí mismo fines y valores más acordes con su vocación de hacer de la existencia no un destino sino un proyecto. Cuando conocemos que dados tales y tales fenómenos, tales y tales causas, se siguen tales y tales efectos, podemos organizar nuestra existencia en forma tal que nos sentimos más seguros y más tranquilos.

c) Hacen la vida más placentera, más llena de satisfaciones

Sin salir de su hogar, Ud. ya lo sabe. ¡Cuán diferente es la vida de las amas de casa hoy en día, a la vida que tuvieron que soportar las generaciones anteriores! ¿Por qué? Gracias a todos los artefactos tecnológicos que hoy en día están al alcance de nuestras manos. ¡Cuán diferente es nuestro diario vivir con el vivir de un indígena! Recuerde nuestra introducción. Mientras el indígena llegado el anochecer se arroja al suelo para dormir, Ud. va al cine o a una discoteca, oye música, ve televisión, estudia, dialoga con su familia... ¿Todo esto no hace su vida más placentera?

3.8 La deshumanización de la ciencia y de la tecnología

Sin embargo, **por su mal uso la ciencia y la tecnología pueden convertirse en enemigos del hombre, en principios de deshumanización.**

Citemos algunas desviaciones:

a) **Desconocer la responsabilidad de la ciencia y de la tecnología.** Muchos científicos no sólo consideran que la búsqueda del conocimiento es una actividad valiosa en sí misma sino que llegan, inclusive, a pensar que ella constituye el mayor valor humano. Esta fe en la ciencia es un ingrediente que los alimenta en su arduo trabajo de pasar años solucionando un problema, buscando una respuesta, analizando el comportamiento de un animal, etc. Este cientificismo hace de la ciencia una ideología, al convertirla no sólo en el único "saber" válido, sino también en el único objetivo digno del ser humano. A partir de aquí eluden todas las exigencias de la sociedad. Fríamente trasladan la responsabilidad de las consecuencias nocivas de un descubrimiento científico a los que aplican dicho conocimiento. A su vez, los tecnólogos, como empleados que son de compañías o gobiernos, eluden su responsabilidad alegando que ellos no tienen control sobre las políticas de quien los emplea: ellos sólo obedecen órdenes. Para eso les pagan.

"La dicotomía entre el "científico" que responde únicamente a sus propias necesidades en el reino intelectual y el "tecnólogo" que responde sólo a las exigencias de otros en la esfera práctica es totalmente falsa". Falsa, porque, como ya se ha visto, hoy en día las fronteras entre ciencia y tecnología se han borrado. El conocimiento no es neutral. Y su logro sólo es posible gracias a la infraestructura y a la financiación que le ofrecen al científico ciertas organizaciones con las cuales queda comprometido moral, política y socialmente.

Ciencia y tecnología se enfrentan a dilemas éticos. Estos ciertamente no son de fácil solución. Pero lo que la sociedad no puede perdonar es que científicos y

tecnólogos eludan toda discusión ética, toda reflexión sobre su responsabilidad social.

Dos grandes científicos de este siglo: Robert Oppenheimer (Estados Unidos) y Andrei Sajarov (Rusia) se convirtieron en la conciencia crítica de la responsabilidad social de la ciencia. ¿Sabe Ud. por qué?

b) Convertir ciencia y tecnología en fines últimos

Hacer ciencia por la ciencia y para hacerlo someter al hombre, por ejemplo, a experimentos genéticos, sin importar las consecuencias, es contribuir a deshumanizar el conocimiento. En este mal uso del conocimiento se olvida que él está al servicio de la realización del hombre y de la sociedad. De esta manera se dejan de lado valores morales, derechos fundamentales del hombre en cuanto hombre, como los que dicen relación a su integridad física o a su misma existencia.

Los artefactos tecnológicos no son un fín en sí, sino que son el resultado de un proceso para la solución de un problema concreto. La televisión, por ejemplo, no fue ideada para informar o entretener, sino que con ella se quiso solucionar el problema de cómo se trasmite una imagen electrónicamente. Ciertamente que se le utilizó para informar, entretener, etc. Pero esta aplicación requiere una previa determinación de objetivos que alienten y justifiquen su utilización. Si esta utilización se realiza automáticamente, sus realizaciones pueden tener un sentido de deshumanización. Piense en los efectos negativos de la televisión, desde el punto de vista del desarrollo pleno del niño, cuando su objetivo es presentar violencia o sexo sólo para lograr éxitos económicos.

c) Perseguir sólo la eficiencia por la eficiencia

Esto trae como consecuencia convertir al hombre en un simple autómata, sin auténtica inteligencia; anular toda su capacidad creadora.

> Piense en el obrero cuyo oficio durante todo el día es apretar un tornillo en aparatos que se transportan por una banda transportadora. ¿Conoce Ud. la película de Chaplin en donde critica esta situación? ¿Conoce Ud. la novela "Un mundo féliz" de Aldous Huxley en donde nos describe la creación a través de la tecnología de autómotas de tipo superior? Lo invitamos a leerla.

d) Imponer una visión falsa de la realidad

Sigamos con el ejemplo de la televisión. A causa de ella, el niño ya no entra en contacto directo con la realidad para comprender las cosas en su patencia inmediata, en su plenitud. Ella crea una actitud pasiva. El niño que está llamado a ser actor de su vida, sentado ante una pantalla o ante un ordenador todo el día, contempla, sin más, los hechos sin poder actuar sobre ellos; los conocimientos que adquiere no son fruto de su actividad personal; sin poder elaborar y asimilar la información a causa de la rapidez con que se le trasmite; el lenguaje y , correspondientemente, el pensamiento se limitan y se vacían de significado; sin tener oportunidad de manipular, de hacer, de relacionar las cosas, de ejercitar su capacidad de pensar.

e) Una amenaza contra la libertad

El ejercicio de la libertad, condición del ejercicio de las posibilidades creadoras de la persona, son limitadas e, inclusive, pueden ser anuladas por la tecnología. El niño, por ejemplo, es inducido a través de la televisión a aceptar valores y

decisiones ajenas, sin el esfuerzo para someterlas al pensamiento propio; se le indujo, por ejemplo, que lo "más rico" es un determinado alimento. De esta manera pierde el contacto con la naturaleza; su cuerpo se debilita: sólo puede trasladarse de un lugar a otro en un aparato...

Lectura Complementaria No. 14

Dimensión Etica de la Tecnología.
Mateo V. Mankeliumas

Se considera que el bienestar de una sociedad depende fundamentalmente del grado de desarrollo científico y tecnológico de la misma; especialmente esta idea predomina en el sistema capitalista. Sin duda el desarrollo científico y tecnológico fomenta condiciones socio-ideológicas y económico-materiales de una sociedad. Por eso la epistemología inició el estudio de estas condiciones: cuánto y cómo los científicos y tecnólogos son responsables de su trabajo para la sociedad.

La sociedad espera mucho de la ciencia y de la tecnología, pero al mismo tiempo hace acusaciones de daños que causan al ambiente y a las personas (física, química, biología). Aún cuando las ciencias sociales tienen pocas tecnologías desarrolladas, también algunas de ellas trastornan la vida de los individuos y de los grupos. Muchas veces estos trastornos se producen porque las tecnologías en el campo social, no se basan sobre condiciones científicamente válidas. Así, por ejemplo, los psicólogos y psiquiatras que se dedican a las terapias de los niños y adolescentes, subrayan los errores en el proceso educacional que requiere su intervención. Por otro lado, los científicos se defienden diciendo que el conocimiento científico estudia los hechos, pero no trata problemas éticos, que este no es el campo de su competencia. Los tecnólogos, por su parte, se defienden diciendo que sus acciones son de utilidad para los individuos. Esta disparidad se explica porque existe una doble concepción filosófica (ética deontológica) y otros en la concepción práctica y utilitarista (ética utilitarista). Los epistemólogos, de una manera especial, subrayan el predominio de la primera sobre las consecuencias tanto del conocimiento científico como de la acción tecnológica. Esta discrepancia también se

observa en los órdenes jurídicos y legislativo. Por eso, por ejemplo, en algunos países se suspendieron las investigaciones sobre genética humana, mientras se analizan sus consecuencias.

En su actividad profesional el tecnólogo debe respetar los intereses vitales de la comunidad, de las personas, pero al mismo tiempo tiene el derecho y la obligación de defender su profesión. Por eso, tanto en la evaluación de la situación (trátase de tecnologías procedentes de ciencias sociales) como en su intervención, no puede precipitarse y hacer diagnósticos parciales, como tampoco intervenciones superficiales. El comportamiento humano es complejo, cualquier trastorno no proviene de una sola causa, no se trata de causalidad lineal, sino de pluricausalidad multidireccional, por ello toda intervención tecnológica debe abordar factores biológicos, psíquicos y sociales; además estos factores no actúan en forma aislada, sino dentro de sistemas y subsistemas. Unos factores del sistema repercuten en forma inmediata y otros más tarde. Este principio es de suma importancia en la actividad tecnológica.

Para afrontar estas obligaciones el tecnólogo debe, en primer lugar, compartir sus conocimientos con sus colegas, debe actualizarse en su área, y de esta manera podrá, no sólo combatir, sino también evitar el caer él mismo en las tecnologías fraudulentas o seudotecnologías. Para evitar estos errores los profesionales tienen normalmente sus códigos de ética profesional y sus asociaciones gremiales intercambian ideas.

Problemas epistemológicos de la tecnología.
Arte y Conocimiento, Bogotá, Nos. 8-9, 1989, pp. 43-35.

Después de reflexionar sobre el texto anterior, redacte un pequeño ensayo en el cual exponga cinco razones por las cuales el tecnólogo tiene un “compromiso ético”. Diga igualmente, por qué un científico o un tecnólogo debe ser el primer invitado a una discusión sobre los problemas éticos de la ciencia y de la tecnología.

CONCLUSIONES

La ciencia y la tecnología tienen su propia lógica, su propia ley de crecimiento. Al mismo tiempo ellas evolucionan de acuerdo a los intereses económicos e ideológicos de los grupos que poseen el poder en una determinada sociedad. Esto hace que ellas se nos hagan más extrañas y que se conviertan en poderes autónomos que intentan imponernos su propia ley. Ahora bien, esta ley no tiende en forma directa al hombre, a su humanización, a la humanización de su mundo, a su satisfación o felicidad, sino al propio esplendor del logos científico, a su propia exaltación, a la afirmación incondicionada y perfectamente impersonal de su fascinante grandeza y soberanía; o, lo que es peor, a convertirse en el instrumento más útil de dominación por parte de aquellos que detentan el poder político o económico dentro de la sociedad.

Es necesario que tengamos conciencia de los peligros nihilistas que, histórica y socialmente, se han hecho manifiestos en la ciencia y la tecnología: la razón ha quedado reducida a razón calculadora y dominadora; el mundo ya no es objeto de contemplación y poetización, un hogar humano, el suelo donde entierra sus raices nuestro ser, sino una representación o simple objeto de manipulación, de experimentación, cálculo y medida, a través del cual somos manipulados, experimentados, calculados y medidos de acuerdo con los intereses de quienes se consideran dueños de este mundo.

Difícilmente podemos hoy en día entrar en una relación de complicidad respetuosa y de cercanía en la distancia con la naturaleza. La única verdad que es reconocida, es el descubrimiento activo, por unos pocos, de la facticidad en su objetividad manipulable y sin misterio, que no es ya nada sino el polo correlativo de una subjetividad dominante racional, social y económicamente.

Para aquel que se dedica exclusivamente al rigor del entendimiento operatorio no hay, como decía Heidegger, necesidad ni deseo, ni siquiera posibilidad de "pensar" y "amar", debido a su esencia experimental y operatoria, o a su proyecto de explotación del hombre y de la naturaleza.

No se trata de negar o disminuir el valor de la ciencia y de la tecnología. Ellas son formas en las cuales se pone de presente la grandeza del hombre. Aún más, se trata de presupuestos necesarios de nuestra existencia personal y social; de medios para humanizar este mundo y de instrumentos para forjar una estructura social que corresponda a la dignidad de la persona humana, de una estructura que permita el reconocimiento del hombre más real, más efectivo, más justo.

Lo trágico de la cultura científica está en colocar ciencia y tecnología no como medios sino como fines.

Para evitar esto tenemos que "cuestionarnos" sobre el sentido del hombre, de la sociedad y de la realidad; llamar la atención sobre la necesidad de tomar cierta distancia de la fascinación de la ciencia y de la tecnología, para abrir un espacio en donde el cuestionar, el meditar, el contemplar, el poetizar nos permitan descubrir nuestro ser en toda su plenitud.

El conocer calculador es sólo uno de los modos de nuestro ser-en-el-mundo. Y el mundo verdaderamente humano no es algo que se deja explicitar y revelar exclusivamente por el hombre con su razón calculadora y dominadora. Necesitamos ampliar el concepto de razón para que en ella queden comprendidas todas las "astucias" de que se sirve el hombre total para entrar en contacto consigo mísmo y con la realidad: lo emotivo, lo sentimental, lo intuitivo, lo estético, lo sentimental, lo mítico, lo subconsciente, en fin, todo este mundo interior, tradicionalmente considerado como irracional, que constituye nuestro ser concreto. Porque es a este hombre total a quien le corresponde revelar el sentido de su existencia y el sentido de su mundo y esto lo hará con cada uno de sus comportamientos, con cada uno de sus gestos, con cada una de sus palabras y con cada una de sus actitudes.

Regrese al texto inicial del módulo y redacte un pequeño ensayo sobre todo lo que Ud. le debe a la ciencia y a la tecnología y sobre aquello que Ud. añora de la vida del indígena.

Lectura Complementaria No. 15

¿Cuál es el bien que hace la ciencia?. John Ziman

El autor del siguiente texto, ante el cientismo que hace de la ciencia una "ideología" y frente a las posiciones de aquellos que le niegan todo valor a la ciencia, resume en varios puntos lo "que realmente piensan los científicos". Analice detenidamente el texto y consigne en una hoja su opinión.

a) *La ciencia no es un fin en sí misma.* Debe valorarse únicamente como el medio de satisfacer las diversas necesidades humanas, tanto materiales como espirituales. La búsqueda de la verdad no es una actividad absolutamente privilegiada; hay ocasiones en las que debe ceder a otros imperativos morales, tales como el respeto a la vida, a la belleza, a la justicia y a la caridad.

b) La ciencia no es la única fuente de conocimiento que es importante para nuestras vidas en este mundo. La sabiduría del poeta, del profeta, del artista, del jurista, del estudioso en humanidades o del estadista puede darnos mejor consejo o comprensión más profunda que cualquier análisis formal.

c) El conocimiento científico no es absolutamente objetivo y no es posible tener certeza de su verdad. No lo generan "robots" mecánicos sino seres humanos con todas sus insuficiencias de ceguera y prejuicio. La lógica rigurosa no puede revalidarlo, sólo puede hacerlo el ejercicio del juicio personal. Siempre está sujeto, en alguna medida, a los intereses materiales, la experiencia histórica, las tradiciones culturales y las relaciones sociales de quienes lo crean. Incluso cuando está aparentemente bien fundado y parece

incontrovertible, el conocimiento científico aceptado puede contener errores sustanciales.

d) *El conocimiento científico es digno de confianza solamente sobre ciertos aspectos del mundo natural*; su fuerza descansa principalmente en aquellos aspectos que se estudian en las ciencias físicas y biológicas. E incluso en estas disciplinas tradicionales, muchas cuestiones válidas permanecen sin contestar o se ignoran tácitamente porque no parecen quedar al alcance del "arte de lo que tiene solución".

e) Incluso dentro de las ciencias naturales tradicionales, *es mucho más difícil llegar a una respuesta científica digna de confianza de que se imagina la mayoría*, que solamente conoce los grandes triunfos de la investigación y del descubrimiento. Por cada investigación afortunada, hay docenas que fracasan en llegar a conclusiones convincentes. Pueden comprenderse satisfactoriamente los principios básicos de la física, la química, la biología, pero la tarea de esclarecer los detalles de todos los fenómenos supuestamente gobernados por estos principios es larga, laboriosa y grotescamente incompleta. Gran parte de nuestra tecnología basada en la ciencia funciona aceptablemente bien, no porque se planeó racionalmente a partir de los principios fundamentales con una comprensión real de las cosas, sino, simplemente, porque se ha experimentado en la práctica con arreglo a los viejos métodos de ensayo y error.

f) *En muchas esferas del conocimiento razonado*, con relación a muchos aspectos susceptibles de observación del mundo natural, especialmente el conocimiento individual y social de los organismos biológicos, *existe una falta casi total de teoría fundamental y digna de confianza.* Se conocen muchos hechos específicos, pero las pruebas son insuficientes para apoyar y hacer plenamente convincentes un conjunto general de principios rigurosos análogos a las "leyes" de las ciencias físicas. Toda pretensión de haber descubierto tales principios reguladores (de los que podrían desprenderse prediciones estrictamente comprobables) debe contemplarse con escepticismo muy cauteloso.

g) A pesar de los muchos éxitos en las aplicaciones tecnológicas de las ciencias físicas y de las matemáticas aplicadas, *el comportamiento de cualquier sistema complejo, con intensas acciones recíprocas, no puede predecirse con exactitud durante un período*

prolongado. El procesamiento cuantitativo de datos, la comprensión de los procesos subyacentes y la capacidad de deducción estrictamente lógica ayuda para controlar cualquier sistema complejo, tal como una nave espacial, una planta química o un presupuesto nacional. Pero este control no puede mantenerse sin continua vigilancia y las crisis imprevistas sólo pueden manejarse a la luz de la experiencia y con la ayuda del sentido común.

h) Todas las formas de acción social están restringidas por el imperfecto conocimiento de la situación, el corto tiempo con que se cuenta para pensar y la multitud de posibilidades de maldad y locura. *El éxito en la toma de decisiones políticas depende de varias habilidades y de la visión.* Talentos como la experiencia práctica, rectitud moral, empatía, honestidad, paciencia, idealismo, astucia, autoridad carismática, etc., resultan ser más eficaces (¡para bien o para mal!) que el mejor conocimiento de que disponga la ciencia.

i) La carrera del científico investigador rara vez ofrece situaciones en las que deba tomarse decisiones rápidas en condiciones de incertidumbre, ambivalencia moral o conflicto de intereses irreconciliables. Por esta razón *los científicos están entre las personas pertenecientes a la sociedad cuya experiencia les hace menos aptas para las responsabilidades más abrumadoras de la política, los negocios o la guerra.* Si bien algunos científicos, en la práctica, demuestran contar con estos talentos, no se justifica el imponer este papel social a todos los científicos, simplemente porque están dedicados a producir un conocimiento socialmente poderoso.

Enseñanza y aprendizaje sobre la C. y Sociedad, p. 73 s.

La lectura anterior le ofrece la oportunidad para reflexionar sobre la confianza y las sospechas que Ud. debe tener frente a la ciencia y la tecnología. Redacte un pequeño ensayo sobre este tema.

Hemos llegado al final de nuestra reflexión sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Somos conscientes de nuestras limitaciones. Hemos hecho un esfuerzo para que Ud., personalmente, pusiera de presente nuestras limitaciones.

Por ejemplo, al inicio de este módulo le pedimos que formulara tres interrogantes que Ud. esperaba que el presente texto le ayudara a resolver. ¿Le hemos brindado un apoyo para responder a sus inquietudes?

Escriba un ensayo sobre lo que ha significado para Ud el módulo que acaba de leer y de analizar. ¡Queremos mejorarlo! ¡Gracias!

BIBLIOGRAFIA

Conceptions scientifiques, morales et sociales/Alberto Einstein. -- Paris: Flammarion, 1952.

Conocimiento e interés en "Ideas y Valores"/J. Habermas. -- Bogotá. -- Nos. 42-45, 1975.

Conocimiento y libertad/Noam Chomsky. -- Barcelona: Ariel, 1972

Del mundo cerrado al universo infinito/Alejandro K. -- México: Siglo XXI, 1979.

El compromiso racionalista/Bachelard, Gaston. -- México: Siglo XXI, 1973.

El desarrollo del conocimiento científico/Karl Popper. -- Buenos Aires: Paidos.

Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad/John Ziman. -- México: FCE, 1985.

Epistemología. --Barcelona: Anagrama, 1973.

Epistemología/Mario Bunge. -- Barcelona: Ariel, 1972.

Estudios de historia del pensamiento científico. -- Madrid: Siglo XXI, 1977.

Estudios sobre la sociología de la ciencia/B. Barnes -- Madrid: Alianza Editorial, 1980.

Estudios sobre la sociología de la ciencia. -- Madrid: Alianza Universidad, 1980

Filosofía, ciencia, sociedad/Carlos París. -- México: Siglo XXI, 1972.

Filosofía de la ciencia/H. Poincare. -- México, 1964.

Historia social de la ciencia/Colciencias. -- 10 vol. -- Bogotá, 1993.

La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación/L., J. Leites. -- México: Siglo XXI, 1978.

La crítica y el crecimiento del conocimiento/I. Lakatos & Musgrave. -- Grijalbo, 1978.

La crítica y el desarrollo del conocimiento/P. Feyerabend. -- Barcelona: Grijalbo, 1974.

La filosofía y la ciencia en nuetros días/Brooy, T. A. -- México: Grijalbo, 1976.

La joie de connaitre/Pierre Termier. -- Paris: Desclée de Brouwer, 1931.

La revolución copernicana/Alejandro Kuhn. -- Barcelona: Ariel, 1981.

La sociología del conocimiento/Roberto K. Merton. -- Madrid: Alianza Editorial, 1977.

Métodos de investigación social/W. Goode y P. Hatt. -- México: Trillas, 1975.

Naturaleza y alcance del método científico/Emile Simar. -- Madrid: Ed. Gredos, 1961.

Nouveaux Sentiers de la science/Arthur Eddington. -- París: Hermann, 1936.

Producción, ciencia y sociedad/Jaime Labastine. -- México: Siglo XXI, 1979.

Teoría y realidad. -- Barcelona: Ariel, 1972.

OTRAS PUBLICACIONES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS

- ANTROPOLOGIA CULTURAL COLOMBIANA
- AXIOLOGIA Y ETICA PROFESIONAL
- TEORIA SOCIAL DE LA COMUNICACION
- INTRODUCCION A LA EPISTEMOLOGIA
- HERMENEUTICA DE LA CULTURA
- TEORIAS Y SISTEMAS POLITICOS
- SOCIOLOGIA ECONOMICA COLOMBIANA